# ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ В АВТОМАТИЗИ=РОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ



ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени А. А. ЖДАНОВА

*ЛАБОРАТОРИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ*

# ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ

## В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
1972

*Печатается по постановлению*
*Редакционно-издательского совета*
*Ленинградского университета*

В сборник включены статьи как по общим, так и по частным проблемам инженерной психологии. Большое внимание уделяется вопросам оптимального кодирования информации на средствах отображения. В ряде статей предлагаются способы и устройства набора и ввода информации, а также рассматривается деятельность человека — оператора, работающего в режиме слежения.

Издание рассчитано на широкий круг специалистов — инженеров, психологов, физиологов.

**Под редакцией** *С. Н. Сафаряна.*

$\frac{1-5-7}{17-72}$

**Вопросы инженерной психологии в автоматизированных системах управления**

Редактор *Н. Н. Васильева*
Техн. редактор *В. С. Кузина*
Корректоры *В. К. Измайлович,*
*М. В. Унковская*

М-13416. Сдано в набор 30 VI 1972 г. Подписано к печати 23 XI 1972 г. Формат бумаги $60\times90^1/_{16}$. Печ. л. 9 Уч.-изд. л. 8,87. Бум. л. 4,5. Бумага тип. № 3. Тираж 5435+10 отд. отт. Заказ № 621. Цена 64 коп.

Издательство ЛГУ им. А. А. Жданова

Сортавальская книжная типография Управления по делам издательств, полиграфии и книжной торговли Совета Министров Карельской АССР. Сортавала, Карельская, 42.

## СОДЕРЖАНИЕ

## ОТ РЕДАКТОРА

Предлагаемый вниманию читателей сборник статей включает работы, выполненные в Лаборатории инженерной психологии Ленинградского университета, старейшей в стране лаборатории подобного профиля. Основанная в 1959 г. Б. Ф. Ломовым, лаборатория за 13 лет своего существования проделала значительную работу как в плане научных изысканий, так и по организации и развитию инженерно-психологических исследований в других учреждениях и городах страны. Преимущественно из состава сотрудников лаборатории в 1966 г. были сформированы в рамках университета Лаборатория инженерной психологии и системотехники при НИИКСИ, а также кафедра эргономики и инженерной психологии на факультете психологии. Лаборатория явилась инициатором созыва ряда конференций, в том числе первой Ленинградской конференции по инженерной психологии в 1964 г., на которой были проанализированы достижения отечественной инженерной психологии и намечены пути ее дальнейшего развития. Печатная продукция лаборатории насчитывает более 300 наименований, среди них монографии Б. Ф. Ломова «Человек и техника» и Л. М. Веккера «Восприятие и основы его моделирования».

В настоящее время основной проблемой научно-исследовательских работ является прием и переработка информации человеком-оператором. Исследования ведутся по нескольким направлениям, в том числе: 1) оптимальное кодирование информации на средствах отображения; 2) деятельность оператора, работающего в режиме слежения; 3) разработка способов и средств передачи дискретной информации. В ходе исследований особое внимание уделяется поведению операторов в экстремальных условиях.

Ограниченный объем сборника не позволил охватить все направления работ, ведущихся в лаборатории, тем не менее опубликованные статьи дают представление о специфике исследований.

Публикуемые материалы представляют интерес и будут полезны как специалистам, работающим непосредственно в области инженерной психологии, так и специалистам смежных областей психологической науки.

*Б. Ф. Ломов*

# О РОЛИ ИНЖЕНЕРНОЙ ПСИХОЛОГИИ В РАЗВИТИИ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

Общепризнано, что результаты инженерно-психологических исследований могут принести (и действительно приносят) большую пользу при разработке тех или иных технических устройств (средств отображения информации, приборных панелей, пультов управления и т. д.), организации трудового процесса и подготовке операторов. Опыт, накопленный в различных странах мира, показывает, что применение данных инженерной психологии обеспечивает повышение точности, быстродействия и надежности создаваемых систем контроля и управления, а в конечном счете дает экономический эффект.

В связи с ярко выраженной практической направленностью инженерной психологии ее часто рассматривают только как *прикладную* дисциплину.

Являясь действительно одним из наиболее мощных звеньев связи психологии с практикой, инженерная психология вместе с тем (а точнее: благодаря этому) играет весьма существенную роль и в развитии психологической теории.

В последние десятилетия особенно бурное развитие получили те отрасли и направления психологической науки, которые связаны с решением практических задач. Именно они, пожалуй, в первую очередь определяют процесс дифференциации нашей науки на современном этапе. В этой связи иногда высказываются опасения в том, что частные, прикладные вопросы отвлекают силы психологов от разработки принципиальных теоретических проблем. Говорится, например, что психология растет не в ствол, а в куст, т. е. что благодаря развитию ее отдельных (прежде всего прикладных) ветвей «расщепляется» основная линия фундаментальных исследований. Но эта аналогия не точна. Правильнее было бы сравнивать развивающуюся систему специальных направлений с корневой системой, питающей дерево и обеспечивающей его устойчивость. Инженерная психология играет в этой системе роль едва ли не главного корня, поскольку она связывает психологию с основой общества: с производством.

Однако, как известно, аналогия не есть доказательство. Поэтому обратимся к анализу того реального вклада, который вносится инженерной психологией в психологическую теорию.

В связи с практическими задачами разработки систем контроля и управления возникла необходимость рассмотреть целый ряд (если не всю систему) известных в психологии явлений, закономерностей и принципов в новых связях и отношениях, под новым углом зрения. Многие психологические понятия были рассмотрены в новом для психологии контексте. И это неизбежно привело к новым формам *анализа* психологических явлений и к новым формам *синтеза* и *обобщения* получаемых в процессе исследования данных.

Отвлечемся от конкретной истории развития инженерной психологии и попробуем вскрыть его *логику*. Дело можно представить следующим образом.

В системе технических наук, разрабатывающих проблемы контроля и управления, под давлением фактов, накопленных в ходе изучения эксплуатации технических устройств, обслуживаемых человеком, возникло понятие «человеческий фактор» (или «человеческие факторы»). Создавая ту или иную систему контроля (и управления), инженер рассчитывал ее эффективность и надежность, исходя из тех сведений о работе только технических устройств, которыми он располагал. Но опыт эксплуатации, как правило, вносил весьма существенные поправки в расчеты. При этом, пытаясь понять поправки на основе известных ему технических факторов, инженер оказывался в тупике. Обнаруживалась некоторая система факторов, обусловленная тем, что технические устройства обслуживаются человеком. Эти-то факторы и получили наименование «человеческих».

В системе понятий технических наук «человеческий фактор» рассматривался как нечто глобальное, нерасчлененное: к нему относилось все то, что так или иначе было связано с деятельностью человека-оператора. Возникла задача учета «человеческих факторов» при разработке и конструировании технических устройств. Но чтобы учитывать эти факторы, нужно знать их характеристики. В этой связи и наметилась линия исследований, в которых инженеры пытались распространить сложившиеся в технических науках понятия и методы на человека, включенного как звено в систему контроля и управления. Были предприняты попытки определить «передаточную функцию» человека-оператора, оценить его «лямбда-характеристику», «пропускную способность». Человек-оператор определялся как «частотный фильтр», «низкочастотный усилитель» и т. д. и т. п., т. е. человек-оператор рассматривался в той системе понятий, которая сложилась в технических науках. Этот этап развития инженерной психологии обычно оценивается как механоцентрический. Для него характерно нивелирование специфики психологических явлений.

Очень скоро, однако, обнаружилось, что человек упорно не подчиняется требованиям, разработанным для изучения технических устройств; его характеристики не укладываются в «прокрустово ложе» технических концепций. Пришлось обратиться к понятиям, сложившимся в психологии и других антропологических науках. Это положило начало так называемому антропоцентрическому этапу в развитии инженерной психологии. На сцену вышли такие понятия как «внимание», «воображение», «мышление», «эмоции», «потребности» и т. д. Начались попытки сопоставления технических и психологических понятий. Но они редко были удачными. Чаще они выливались в бесконечные словесные дискуссии, в ходе которых многие понятия теряли свой конструктивный смысл, свою определенность. Прямой перевод технических терминов на психологический язык и наоборот оказался очень трудным, если не невозможным. Но здесь на помощь пришла кибернетика, с помощью которой удалось создать достаточно строгую систему понятий, отражающих многие существенные стороны процессов управления в различных (в том числе и в биологических) системах. Это в какой-то мере разрешило противоречие между психологией и техническими науками. Возникла возможность рассматривать деятельность человека-оператора и работу технических систем в одной плоскости. Прежде всего это коснулось так называемых познавательных процессов.

В традиционной системе психологических понятий схема процессов познания обычно представляется так: ощущение — восприятие — представление — мышление (мы берем упрощенный вариант схемы).

В контексте инженерной психологии пользуются понятиями, сложившимися в кибернетике, и говорят не столько об «ощущении», «восприятии» и т. д., сколько о «приеме и переработке информации человеком». Через инженерную психологию понятие «информация», так же как понятия «прием и переработка информации», вошло и в общую теорию психологии. Использование этих понятий в психологии стало модой. Когда говорится о моде, обычно имеется в виду нечто поверхностное и скоро проходящее. Но хотелось бы обратить внимание на другой, так сказать позитивный, момент моды. Всякая новая мода заставляет по-новому посмотреть на хорошо известные объекты: благодаря новой моде что-то затушевывается, а что-то подчеркивается. Использование теоретико-информационных понятий, мер и методов в психологии позволило иначе взглянуть на схему познавательных процессов, по-новому подойти к их анализу.

Как известно, в течение многих лет в психологии дискутировалась проблема соотношений ощущения и восприятия. Одна группа психологов утверждала, что восприятие есть производное от ощущений, другая придерживалась прямо противоположной позиции. В ходе дискуссий каждая сторона накапливала

все новые и новые факты и аргументы, которые, конечно, обогащали науку, но не давали окончательного разрешения спора. Применение понятий, сложившихся в кибернетике, перевело всю дискуссию в совершенно иную плоскость. Прежде всего выяснилось, что понятие «восприятие» (как оно использовалось в психологии) охватывает весьма широкий круг различных по своей природе явлений. Благодаря работам, проведенным в интересах инженерной психологии, были разделены «восприятие» и «опознание» (или «опознавание»). В рамках традиционных концепций понятие «опознание» не использовалось: отображаемые в этом понятии явления затушевывались, «тонули» в очень широком понятии «апперцепция», «влияние прошлого опыта», «категориальность восприятия» и т. п. Восприятие как формирование образа объекта и опознание как отнесение воспринимаемого объекта к некоторой категории, рассматриваются сейчас как различные процессы, имеющие в своей основе разные механизмы.

Другая линия анализа явлений восприятия привела к дифференцировке таких понятий, как «информационный поиск», «обнаружение сигнала», выделение информационного содержания сигнала»; в контекст исследований перцептивной деятельности вводятся понятия «шум», «выбор»; рассматриваются «эвристические компоненты перцептивных процессов».

В связи с вопросом о вкладе инженерно-психологических исследований в разработку проблемы восприятия отметим еще один важный момент. Как известно, благодаря работам гештальт-психологов в психологическую теорию были введены такие понятия, как «целостность восприятия», «структурность восприятия», «принципы прегиантности» и другие; известно также, что в критике гештальт-теории факты и концепция часто не разделялись. Ряд исследований, проведенных в интересах инженерной психологии, позволил отпрепарировать факты, полученные в исследованиях гештальтистов, от разработанной ими концепции, и рассмотреть эти факты в другой, строго научной, системе понятий. Мы имеем в виду исследования, показавшие, что целый ряд фактов, анализируя которые гештальтисты приходили к идеалистическим выводам, может быть объяснен в плане анализа информационных характеристик сенсорных систем.

Короче говоря, вырисовывается (правда, пока еще недостаточно четкая и строгая) новая аналитическая картина перцепции и перцептивной деятельности. Несколько в ином плане начинают рассматривать и проблему внимания, а именно в связи с селективностью восприятия и самонастройки сенсорных систем.

Исследования, проведенные в интересах инженерной психологии, обогащают аналитику, относящуюся также к проблеме памяти. Именно благодаря этим исследованиям наметились новые подходы к классификации мнемических явлений; возникли

понятия кратковременной и долговременной памяти, оперативной памяти; введены новые меры для определения объема памяти.

Аналогичная картина наблюдается в работах по проблеме мышления: стали говорить об «оперативном мышлении», об «эвристической деятельности», к анализу явлений мышления привлекаются новые методы. Сейчас трудно сказать, какие из вновь вводимых понятий действительно отражают существенные стороны психических явлений, а значит, сохранятся и войдут в контекст психологической теории, а какие просто навеяны временем и отомрут; впрочем, даже и эти понятия играют положительную роль в развитии психологической теории, выступая в качестве своего рода «катализаторов», или «активаторов».

Как бы там ни было, по каким бы путям ни пошло развитие психологической теории, кажется несомненным, что инженерно-психологический подход к изучению познавательных процессов существенно обогатил психологию новыми фактами и — что, пожалуй, еще более важно, — позволил по-новому подойти к их анализу, а также и к анализу многих давно известных фактов. Психологическая аналитика бесспорно обогатилась. И это относится не только к проблеме познавательных процессов.

Если взять почти любое руководство по психологии, то в нем легко обнаружить два основных логических узла: учение о психических процессах и учение о психических свойствах человека. Проблемы психических функций и психических состояний либо вообще не рассматриваются, либо растворяются в упомянутых двух разделах. Благодаря исследованиям, проведенным в интересах инженерной психологии, фундаментальные, но, к сожалению, забытые проблемы вновь стали предметом внимания психологов. Анализ возможностей и ограничений человека в связи с теми задачами, которые ставятся перед ним современной техникой, потребовал вновь постановки проблемы психических функций мозга. Задача оптимального сопряжения человека и машины, одна из главных практических задач инженерной психологии, не может быть решена на основе знаний только о динамике психических процессов (как бы полно мы ни представляли себе эту динамику). Ее решение предполагает четкое знание основных характеристик психических функций, условий их проявления, их возможных минимальных и максимальных значений. В связи с инженерно-психологическими исследованиями складывается представление, согласно которому основными психическими функциями мозга являются: прием информации, ее переработка, ее хранение и регуляция деятельности (поведения). Является ли это представление исчерпывающим, пока трудно сказать. Но для нас важнее подчеркнуть другое, а именно попытку конструктивного подхода к анализу перечисленных психических функций, связанного с измерением их характеристик.

То же можно сказать и о проблеме психических состояний. Необходимость оценки надежности человека-оператора и факторов, от которых она зависит, очень остро поставила вопрос о контроле за состояниями человека. Возникла задача строгого описания состояний, определения их параметров, взаимосвязи этих параметров, условий, вызывающих то или иное состояние, его динамику и т. д. Решение этой задачи для развития психологической теории имеет не меньшее (а точнее — большее) значение, чем для инженерной практики.

Можно было бы продолжить наши рассуждения и показать, что в ходе исследований, проводимых в интересах инженерной психологии постепенно поднимается весь комплекс психологических проблем. Начальный этап исследований состоял в том, что человек-оператор рассматривался как звено систем управления и контроля; прежде всего инженерную психологию интересовала его деятельность в связи с оценкой эффективности и надежности этих систем. Попытки определить надежность и эффективность привели к постановке проблем работоспособности, типологических свойств человека, психических состояний, тренировки, обучения и т. д. В связи с изучением возникли проблемы познавательных процессов, анализ управляющих воздействий привел к постановке проблем психической регуляции деятельности.

По мере углубления в специальные проблемы инженерной психологии обнаруживались «цепочки» вопросов, так или иначе охватывающих всю психологическую проблематику. Это и понятно, если иметь в виду, что человек остается человеком, в какую бы систему он ни включался. Так специальная проблема инженерной психологии «человек как звено системы контроля и управления» переросла в общепсихологическую проблему «человек как субъект труда». Возникла необходимость разработки такой концепции, которая позволила бы дать целостную картину человека как субъекта труда. Но это требует перехода от специальных инженерно-психологических понятий к понятиям общепсихологическим.

Иначе говоря, на первых этапах своего развития инженерная психология отошла от психологических понятий, точнее, стала рассматривать их в системе понятий, сложившихся в других науках, и это позволило произвести иной, чем принято в психологии, *анализ* психических явлений. Но на стадии *синтеза* она вновь вынуждена возвращаться к системе понятий, сложившихся в психологии.

Вообще для построения теории, в которой очень остро нуждается современная психология, интересно проследить историю отдельных понятий. Возьмем в качестве примера понятие «порог чувствительности». Понятие это, как известно, впервые было предложено в так называемой объективной психофизике, которая рассматривала порог, как некоторую точку в континууме

стимулов. Исследователи, пытающиеся определить пороги различных сенсорных систем с позиций, предложенных Фехнером, обнаружили, что пороговые значения стимула-величины весьма неустойчивы и что, следовательно, чувствительность той или иной сенсорной системы подвержена влиянию многих факторов. Начались поиски этих факторов. И чем глубже шли исследователи, тем больше и больше обнаруживалось факторов. Поток информации об этих факторах возрастал непрерывно. Оказалось, что порог той или иной сенсорной системы зависит от времени года, времени дня, от состояния других сенсорных систем, от уровня работоспособности человека и т. д. Каждое новое исследование приносило новые сведения о факторах. Исследователи попали в область «дурной бесконечности» (если пользоваться гегелевской терминологией). Понятие «порог чувствительности» начало терять свой конструктивный смысл. Между тем развитие систем отображения информации (в особенности электронных) и необходимость для человека-оператора работать с очень слабыми сигналами требовали от психологов и психофизиологов какого-то определения предельных возможностей сенсорных систем. Поскольку попытки определения порогов чувствительности не давали необходимых точных сведений, к анализу восприятия слабых сигналов подошли с иных позиций: была применена статистическая теория решений и на этой основе развита теория обнаружения сигналов. Сторонники этого подхода пришли к отрицанию концепции порога. «Дурная бесконечность» была преодолена путем перехода к иной системе понятий и принципов. Но этим дело не завершилось. В недрах теории обнаружения сигналов стали накапливаться сведения о все новых и новых факторах, определяющих деятельность человека в ситуации обнаружения. Предложенная идеализированная схема, характеризующая ситуацию обнаружения, оказалась не вполне удовлетворительной. В современной психофизике возникло понятие «пороговая зона» (или «пороговая область»). Но это понятие раскрывается иначе, чем было у Фехнера: не точка в континууме стимулов, а именно зона в стимульном пространстве.

Как видим, понятие о пороге развивается в полном соответствии с диалектикой (тезис — антитезис — синтез). Каждая ступень в развитии этого понятия связана с переходами от одних систем понятий к другим. И эти переходы диктовались теми требованиями, которые вытекают из практических задач; в данном случае речь идет о требованиях, вытекающих из необходимости согласования средств отображения информации с сенсорными системами человека. Можно было бы рассмотреть историю и некоторых других общепсихологических понятий, используемых в инженерной психологии.

Для нас важно в этой истории подчеркнуть один существенный момент: то или иное псхиологическое понятие, как только оно начинается использоваться в связи с решением практиче-

ских задач, приходит в движение. Оно начинает рассматриваться в различных системах других понятий; содержание его неизбежно изменяется, уточняется и обогащается. Пройдя ряд тех или иных метаморфоз, понятие становится более четким и определенным, поскольку этого требует практика. Но движение понятий не осуществляется само по себе: оно всегда происходит в контексте процесса накопления и проверки знаний об отражаемых в нем явлениях. Говоря о практике, мы, конечно, имеем в виду не только разработку, конструирование и эксплуатацию систем контроля и управления, но также и другие сферы практической деятельности людей, которые так или иначе заинтересованы в психологической теории.

Рассматривая роль инженерной психологии в развитии общепсихологической теории, нельзя не коснуться вопроса о связи психологии с математикой. Как известно, инженерно-психологические исследования весьма стимулировали применение математики в описании и анализе психических явлений. Пожалуй, ни в какой иной отрасли психологической науки не говорят столько о математических моделях тех или иных характеристик человека и его деятельности, как в инженерной психологии. Здесь математические модели продуцируются десятками, если не сотнями ежегодно. Правда, далеко не каждая из них является действительно моделью некоторой психологической реальности; часто моделирование превращается в игру математическими символами: за ними не стоит никакой реальности. И все же, даже несмотря на это, в целом стремление дать математическое описание деятельности человека в системах управления и контроля, а также его характеристик безусловно способствует становлению инженерно-психологической и общепсихологической теории. Нужно только при этом помнить, что сама по себе математика не в состоянии решить вопросы конкретной науки. По образному выражению академика Крылова математические методы — это своего рода жернова, которые только перемалывают то, что в них положено. Для того чтобы получить хороший продукт, нужно добротное сырье. Чтобы получить действительно математически строгую теорию, необходимо самым тщательнейшим образом разобраться в накапливаемом эмпирическом материале и отделить зерно от плевел.

Как отметил Г. А. Миллер, можно выделить четыре основных подхода использования математики в психологии: дискурсивный, нормативный, функциональный и структурный.

*Дискурсивный* подход состоит по существу в замене естественного языка математической символикой. Обычный язык часто оказывается недостаточно адекватным, чтобы экономно и четко выразить всю сложность тех или иных развиваемых в науке идей. В этой ситуации символика может заменить длинные рассуждения. Она может служить и своего рода мнемоническим средством, удобным для памяти кодом.

Примером дискурсивного подхода может служить «формула» эмоций, предложенная П. В. Симоновым:

$$Э = П(Н - С),$$

где Э — эмоция; П — потребность (побуждение); Н — информация, прогностически необходимая для организации действий по удовлетворению данной потребности; С — информация, которая может быть использована для целенаправленного поведения.

Конечно, дискурсивный подход — самый простейший способ применения математической символики. Если рассматривать только что приведенную модель (и аналогичные ему) как обобщения эмпирического материала, то следует признать, что область таких обобщений недостаточно определенна. И все же даже дискурсивный подход может быть полезным в построении теории, поскольку он позволяет экономным образом наметить направление поиска зависимости между явлениями.

Суть *нормативного* подхода состоит в том, чтобы определить наиболее эффективный (оптимальный) путь достижения той или иной определенной цели. В психологии он использовался главным образом в связи с планированием эксперимента. Однако в последние годы этот подход начинают применять в исследованиях, связанных с анализом процессов принятия решений человеком, выбора оптимальной стратегии поведения в тех или иных ситуациях и т. д.

*Функциональный* подход состоит в описании зависимостей между теми или иными величинами, из которых один ряд величин принимается в качестве аргумента, другой — в качестве функции. Впервые попытки аналитического описания зависимостей между интенсивностью (силой) ощущений и интенсивностью стимулов были предприняты в психофизике. Знаменитый закон Вебера—Фехнера формулируется как аналитическое выражение этих зависимостей. Аналитическое описание зависимостей между теми или иными величинами получило в экспериментальной психологии весьма широкое распространение.

Столь же широкое распространение получил и *структурный* подход, который состоит в описании (с помощью определенной системы символов и правил их комбинаций) взаимосвязей между различными сторонами (элементами) изучаемого явления. В психологии разработано немало моделей для структурного описания эмоций, интеллекта, памяти, процессов коммуникации и т. д.

Таковы в самых общих чертах основные подходы, наметившиеся в применении математики в психологии.

Что же дает применение математкии в психологии?

Очень часто математический аппарат рассматривается просто как *средство обработки* экспериментальных данных. Однако этим вряд ли можно ограничиться. Описание тех или иных явлений с помощью математики — это есть *обобщение* экспериментальных данных, а следовательно, и перевод их на теорети-

ческий уровень. Математические модели выступают как составная часть самой психологической теории. Наконец, математика выступает как средство связи психологии с другими науками и как средство ее связи с практикой. Это последнее особенно очевидно, когда речь идет об инженерной психологии. Пользуясь данными инженерной психологии, инженер-конструктор, инженер-разработчик должен производить те или иные расчеты, касающиеся деятельности человека в системе контроля (и управления). Но такие расчеты могут быть произведены только в том случае, если данные описаны на языке, позволяющем производить расчеты.

Подводя итоги всему сказанному, перечислим те основные линии, которые характеризуют роль инженерной психологии в построении психологической теории.

Во-первых, инженерно-психологические исследования обогатили (и продолжают обогащать) психологию фактическими данными. Система научных фактов, полученная в этих исследованиях, вносит существенный вклад в фундамент психологической теории.

Во-вторых, инженерная психология играет немаловажную роль в пересмотре системы психологических понятий.

В-третьих, многие закономерности психических явлений, полученные в инженерно-психологических исследованиях, имеют не частное, а общее значение и поэтому естественно включаются в контекст общепсихологической теории.

В-четвертых, благодаря инженерно-психологическим исследованиям в психологии сформирован ряд новых проблем и намечены новые подходы к решению традиционных для общей психологии проблем.

В-пятых, инженерная психология, возникнув на «стыке» ряда наук, играет существенную роль в развитии контактов психологии с другими науками. Через инженерную психологию (пожалуй, более чем через любую иную специальную отрасль психологии) в психологию проникают методы точных наук.

Наконец, инженерная психология является одним из наиболее мощных средств связи общей теории психологии с практикой, которая, как известно, является источником познания и критерием истинности теории.

---

*Г. В. Суходольский*

## К ПРОБЛЕМЕ НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЧЕЛОВЕКА

Возрастающий уровень механизации и автоматизации процессов и систем не только не снижает, но значительно повышает роль и ответственность человека, выполняющего работу. Это

относится не только к труду операторов, выполняющих функции по контролю и управлению в комплексных системах «человек-техника», но и к труду людей, занятых проектированием, изготовлением, наладкой и ремонтом технических средств и изделий,— и вообще к общественно полезному труду людей. Не случайно за последние годы интерес к проблеме надежности и эффективности работы человека существенно возрос. Данная статья не ставит целью охватить все аспекты проблемы и результаты исследований. Задача статьи — подвести итоги работ, выполненных на базе Лаборатории инженерной психологии Ленинградского университета.

Можно выделить три основных направления теоретических разработок проблемы: методологическое, терминологическое и методическое.

Методологическое направление, во-первых, свелось к постановке и решению вопроса о том, можно ли рассматривать проблему надежности человека с точки зрения надежности функционирования отдельных подсистем человеческого организма или же необходимо оценивать надежность человека по отношению к его конкретной деятельности [1].

Единственно перспективным представляется операциональный подход, основанный на традиционной для психологии классификации действий человека на сенсорные (прием информации), ментальные (логическая и вычислительная переработка информации) и моторные (отправление информации) действия. Дифференцируя действия внутри классов по разным основаниям (по предметной обусловленности, модальности, характеру протекания и многим другим), можно затем синтезировать из них, как из «элементов» (более или менее сложных) последовательность (одну или «пучок»), реализующую конкретную работу. При таком подходе проблема надежности и эффективности человека сводится к двум проблемам: к проблеме изображения конкретной деятельности в виде «пучка» алгоритмов, составленных из «элементарных» действий, и к проблеме определения надежности и эффективности выполнения людьми этих «элементарных» действий.

Во-вторых, методологически важно определить математический аппарат для расчетов надежности работы человека. Операциональный подход позволяет использовать уже достаточно разработанный аппарат технической теории надежности, модифицируя его применительно к человеку. Это удобно и потому, что позволяет с единых позиций определять надежность комплексов «человек—техника».[2]

---

[1] А. И. Губинский, Б. Ф. Ломов, Р. М. Мансуров, Г. В. Суходольский. Теория надежности в применении к человеку-оператору. В сб.: Инженерная психология в приборостроении. М., 1967.

[2] А. И. Губинский, В. А. Мозин, И. П. Падерно, Г. В. Суходольский. Надежность комплексных систем «человек-техника» (Материа-

Терминологическое направление опирается на принятую методологию. Рассматривая надежность человека как производственную надежность, целесообразно исходить из терминологии технической теории надежности, адаптируемой к особенностям человека.[3]

Методическое направление свелось к тому, чтобы в психологических исследованиях использовать терминологию и учитывать взаимосвязи между количественными характеристиками надежности и эффективности. Дело в том, что до сих пор психологи в конкретных исследованиях не используют общепринятых количественных мер, хотя фактический материал это позволяет. В результате безвозвратно теряются количественные данные, характеризующие «психологическую» надежность человека, которые так нужны для теории и практики. Например, во многих исследованиях по общей и инженерной психологии получают одновременно оценки времени, затрачиваемого на выполнение каких-либо действий, и процента ошибочных действий, которые рассматривают независимо друг от друга. Но при определенных условиях, когда затраты времени приближаются к минимально допустимым, количество ошибок и время взаимосвязаны.[4] Поэтому независимое рассмотрение затрат времени и ошибок мало что дает.

Рассмотрим основные результаты исследований, в которых прием человеком цифровой и буквенной информации изучался с применением количественных характеристик эффективности и надежности.

Надежность и эффективность приема цифр изучалась Р. М. Мансуровым на материале цифр Макворта[5] и семисегментного люминесцентного алфавита.[6] Установлено следующее. Вероятность безошибочного приема цифр определенного начертания увеличивается при увеличении освещенности. Эта вероятность зависит также от лимита времени, ограничивающего воз-

---

лы ко Второму Всесоюзному симпозиуму по надежности комплексных систем «человек-техника»), ч. II. Л., ЛДНТП, 1969.

[3] А. И. Губинский, В. А. Мозин, И. П. Падерно, Г. В. Суходольский, ук. соч.; А. И. Губинский, В. А. Мозин, Г. В. Суходольский, И. П. Падерно. Надежность комплексных систем «человек-техника», ч. III. Л., ЛДНТП, 1970.

[4] Р. М. Мансуров, Г. В. Суходольский. К проблеме эффективности и надежности человека-оператора. В сб.: Проблемы общей, социальной и инженерной психологии, вып. 2. Л., 1968.

[5] Р. М. Мансуров. Опыт исследования временных порогов адекватного зрительного восприятия цифр в зависимости от их углового размера и освещения. В сб.: Проблемы общей и инженерной психологии. Л., 1964.

[6] Р. М. Мансуров. К вопросу об использовании минимального количества элементов для формирования цифр арабского алфавита. В сб.: Тезисы докладов к научно-технической конференции. Инженерная психология в приборостроении. Л., 1965; Р. М. Мансуров. К оценке люминесцентного семисегментного цифрового знака. В сб.: Инженерная психология в приборостроении. М., 1967.

можности приема, и от угловых размеров цифры, как показано на рис. 1.

Надежность и эффективность приема цифр обусловлена характером графического начертания цифр, в частности, соотношением общих и специфических элементов, благодаря чему для одних цифр удаление (отказ из-за невосприятия или по техническим причинам) одного из элементов превращает эти цифры

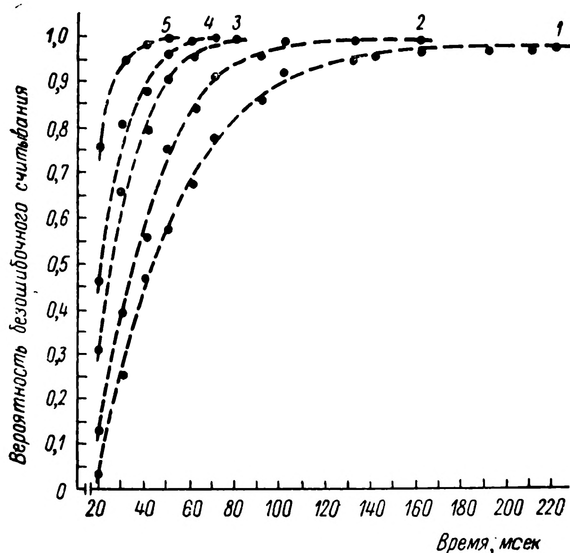



Рис. 1. Кривые зависимости надежности считывания цифр Макворта от лимита времени на одну цифру и ее угловых размеров.

По оси ординат — вероятность безошибочного считывания, по оси абсцисс — время, *м/сек*; *1* — для углового размера 13′46″, *2* — 17′13″; *3* — 20′40″; *4*—27′33″; *5* — 34′26″.

в иные из того же алфавита (неявный отказ), а для других цифр — превращает их в бессмысленные знаки (явный отказ).

При явных отказах человек способен восстанавливать искаженнную цифровую информацию. Вероятность восстановления цифр семисегментного алфавита при явном отказе колеблется в пределах 0,22—1,0 (в среднем 0,55). Вероятность восстановления цифр при неявном отказе 0,01—0,47 (в среднем 0,17). Показано, что обнаружение отказов и восстановление цифровой информации человеком — существенные факторы повышения надежности информационных систем.

Надежность и эффективность приема букв русского алфавита изучалась Л. А. Барановой и Г. В. Суходольским.[7] Установлено следующее.

Закономерности, полученные для цифр, в общем виде справедливы и для букв. Можно предполагать, что надежность приема цифровой и буквенной (вообще — знаковой) информации обусловлена объективной величиной дивергенции опознавательных признаков, отнесенной к некоторой субъективной пороговой

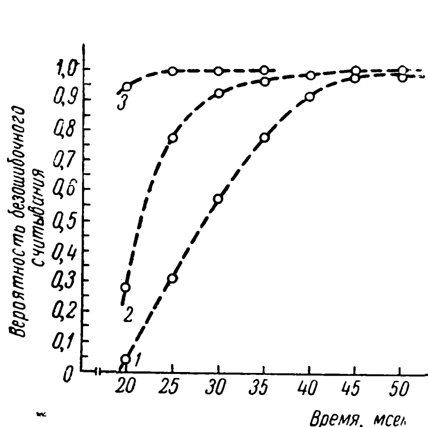



Рис. 2. Кривые зависимости надежности считывания русских букв от лимита времени на одну букву и индивидуальных особенностей человека-оператора.

По оси ординат — вероятность безошибочного считывания, по оси абсцисс — время, *м/сек;* *1* — данные одного испытуемого из десяти, участвовавших в опытах; *2* — трех; *3* — шестерых испытуемых.

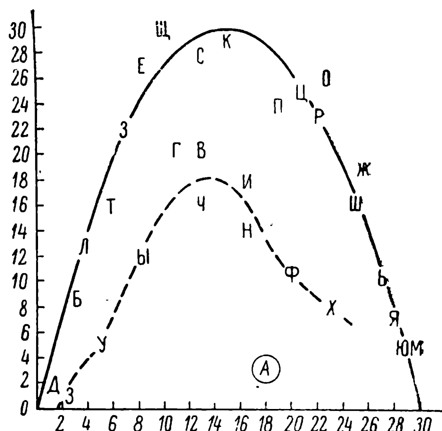



Рис. 3. Зависимость среднего ранга вариативности эффективности (по оси ординат) от среднего ранга эффективности (по оси абсцисс).

дивергенции. В частности, показано, что при оптимальной освещенности и угловых размерах надежность приема букв человеком зависит от лимита времени на считывание, но неодинаково у разных людей (рис. 2). Установлено также, что заглавные русские буквы воспринимаются с разной эффективностью в условиях дефицита времени, скорость восприятия к тому же изменяется от опыта к опыту. Была сделана попытка сопоставить вариативность эффективности с самой эффективностью, результаты приведены на рис. 3. Можно видеть, что в зависимости от величины эффективности вариативность ее изменяется нелинейно и неодинаково для разных букв. По характеру этой зависи-

[7] Л. А. Баранова, Г. В. Суходольский. О читабельности русских букв. В сб.: Материалы III Всесоюзного съезда общества психологов СССР, т. III, вып. I. М., 1968.

мости выделяются три класса букв: первый (одна буква Л), для него: $y=0{,}17\cdot x$; второй (буквы Х, Ф, И, Н, В, Ч, Г, Ы, У, Э), для него: $y=a(x-1{,}5)\cdot(26-x)$, где $A=0{,}07+0{,}038\cdot\cos(13{,}85x)$; третий (остальные буквы на рис. 3), для него $y=0{,}134x(30-x)$, где $x=\frac{Э-29{,}8}{0{,}45}$ — средний ранг эффективности приема буквы;[8] Э — реальная эффективность приема букв; $y$ — средний ранг вариативности эффективности.

Дальнейшие исследования показывают, что надежность и эффективность приема букв в составе слова или бессмысленного буквосочетания (длиной 5—6 букв) определяется дефицитом времени, принадлежностью к языковому словарю и количеством букв в слове (буквосочетании). За время в 34 *мсек* безошибочно воспринимается 95% слов и только 64% буквосочетаний. Частость правильного восприятия слова за время $t$ быстро увеличивается при увеличении $t$ от 17 до 25 *мсек*, а затем уменьшается при $t>25$ *мсек*. Частость правильного восприятия буквосочетаний линейно зависит от $t$: $p(A/t)=0{,}02t-0{,}41$, где $p(A/t)$ — частость правильного восприятия буквосочетания $A$ за время $t$ при $20{,}5\leqslant t\leqslant 38$ *мсек*. Судя по экспериментам с пяти- и шестибуквенными словами и с отдельными буквами, можно предполагать, что вероятность правильного восприятия слова, составленного из $n$ букв, в $n$ раз меньше, чем средняя вероятность правильного восприятия букв, составляющих слово.

Надежность и эффективность вычислений изучалась Н. М. Кандарацковой и Г. В. Суходольским. Установлено следующее.

Процесс выполнения арифметических действий (сложение, вычитание, умножение и деление в пределах четырех десятичных разрядов) может быть представлен в виде последовательности элементарных вычислительных операций. Под элементарной вычислительной операцией следует понимать сложение, вычитание, умножение и деление в пределах одного десятичного разряда, а также операции перехода из младшего в старший и из старшего в младший разряд и операции мысленного выбора цифр частного. Все эти операции эквивалентны по надежности и эффективности выполнения. Запись цифры результата (промежуточного или окончательного) — специфическая операция.

Определены статистические оценки затрат времени на запись цифр арабского алфавита и на вычисления. При этом установлено, что общие затраты времени на арифметическое действие определяются не спецификой действия, а количеством элементарных операций, составляющих действие. Затраты времени на одну (любую) элементарную вычислительную операцию без записи цифры результата составляют в среднем 0,8 *сек*, а с записью цифры: $1{,}1\pm0{,}8$ *сек*.

---

[8] Погрешность преобразования не более 5%.

Определены статистические оценки характеристик надежности вычислений: интенсивности скрытых отказов (ошибок) и вероятности явных и скрытых отказов. При этом установлено, во-первых, что вероятности отказов увеличиваются пропорционально числу элементарных операций в действии; во-вторых, что скрытых отказов, не восстанавливаемых человеком, вдвое больше, чем явных. Определены оценки средней вероятности безотказного выполнения элементарной операции ($p=0{,}0988\pm0{,}001$) и оценка эффективности выполнения человеком одной элементарной вычислительной операции $\left(Э\approx1{,}04\pm0{,}08\ \frac{1}{сек}\right)$.[9]

Новые исследования показывают, что скрытые ошибки (отказы) в элементарных операциях при длительных вычислениях (не менее 0,5 *час*) дополняются такими же ошибками при считывании информации, при записи промежуточных результатов и накапливаются в ходе вычислений. Это приводит к тому, что окончательный результат (ответ) является случайным. В этой связи, наряду с проблемой точности и надежности работы человека-оператора, возникает проблема точности и надежности человека-вычислителя. Эта проблема конкретизируется в следующих аспектах. Во-первых, каково «истинное» значение ответа в данной вычислительной задаче? Во-вторых, с какой вероятностью ответ, полученный данным вычислителем, отличается от «истинного» на допустимую величину? В-третьих, как влияют на закон распределения ответов объективные и субъективные факторы: длительность процесса вычислений и специфика вычислительной задачи, психофизические, личностные и профессиональные свойства человека-вычислителя?

Наблюдения и анализ решений одинаковых вычислительных задач группами студентов (от 40 до 100 человек в группе) и несколькими лаборантами показали следующее.

«Истинный» ответ выявляется только при многократном решении одной и той же вычислительной задачи — ситуация, редкая в реальных производственных условиях. В качестве «истинного» принимается модальное, а при некоторых условиях — среднее арифметическое значение ответа.

Однократное (а также двух- и трехкратное) решение, выполняемое даже опытным вычислителем, несмотря на все проверки промежуточных результатов, не гарантирует получения «истинного» ответа. Но вероятность получить ответ, более близкий к «истинному», увеличивается с увеличением профессионального опыта вычислителя.

Дисперсия ответов возрастает при увеличении длительности вычислительной процедуры (т. е. при увеличении количества элементарных операций, определенных выше).

---

[9] Н. М. Кандрацкова, Г. В. Суходольский. Об эффективности и надежности элементарных вычислительных операций. В сб.: Экспериментальная и прикладная психология, вып. 1. Л., 1968.

Распределение ответов можно представить в виде двух частей: усеченного симметричного распределения (близкого к нормальному или распределению Стъюдента) и «хвостов» слева и справа. Симметричное распределение образуют ответы, величина которых не превосходит модальный ответ более чем в 1,5 раза. По имеющимся данным, усечению подлежит часть распределения на интервале от 1,7 до 3 стандартных отклонений полного распределения. Стандартное отклонение усеченного распределения может служить мерой точности ответов. «Хвосты» слева и справа образованы ответами, полученными в результате грубых ошибок (неправильное считывание чисел, ошибки в переносе запятой из разряда в разряд, ошибки в алгоритме решения и т. п.). В первом приближении оценка вероятности грубо ошибочных ответов достигает 0,2; она может служить мерой надежности ответов.[10]

---

*Г. И. Гусев, М. М. Зиберт, Г. В. Суходольский*

## К ВОПРОСУ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ВВОДА НЕФОРМАЛИЗОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЭВМ

Сложность и актуальность задач в ряде научных, хозяйственных и других областей предъявляет все большие требования к такой организации АСУ, которая бы способствовала более высокой скорости и надежности работы человека-оператора.

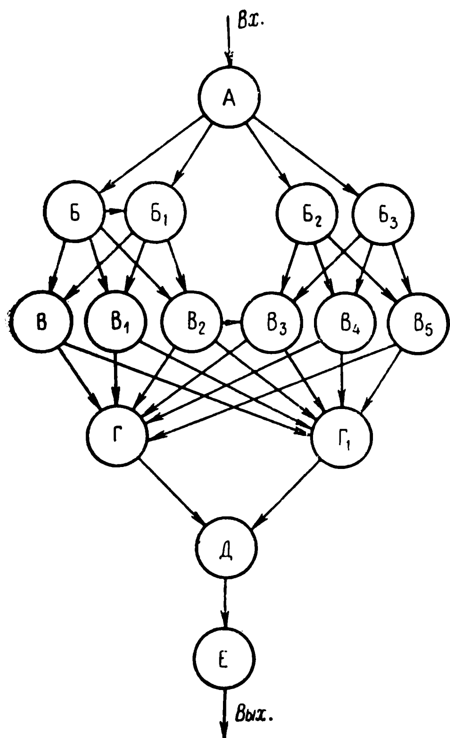
АСУ включает в себя ряд относительно самостоятельных подсистем, функционально связанных между собой. В данной статье рассматривается метод инженерно-психологического проектирования подсистемы оператор→пульт ввода неформализованной информации в ЭВМ. Использование ЭВМ в больших системах поставило перед инженерной психологией проблему быстрого (десятки и единицы секунд) и надежного ввода оператором требований на выдачу машиной необходимой информации. Решение этой проблемы состоит в разработке оптимального способа ввода требований и выборе (или проектировании) средств ввода.

Выбор средств ввода определяется в первую очередь языком, на котором составлено требование. Это может быть язык двоичных, восьмеричных, десятеричных и других кодов, т. е. любой из существующих или специально созданный алгоритмический язык. Однако с точки зрения повышения скорости и надежности

---

[10] Г. В. Суходольский. К проблеме точности и надежности результата вычислений, выполняемых человеком. Сб.: Надежность комплексных систем «человек-техника» (Материалы ко Второму Всесоюзному симпозиуму по надежности комплексных систем «человек-техника»), ч. I. Л., 1969.

работы оператора (а также его обучения) представляет большой интерес создание пультов ввода, позволяющих оператору пользоваться привычным для него языком, с минимальной степенью формализации. Создание подобных пультов безусловно требует комплексного подхода, т. е. участия как инженерных психологов, так и инженеров и математиков, работающих в области вычислительной техники, причем инженерно-психологические исследования должны проводиться на стадии проектирования пульта.[1]




Граф частотных характеристик.

Прежде всего инженерный психолог должен проанализировать всю информацию, т. е. определить все возможные вопросы, которые будут выясняться с помощью ЭВМ. Под такими вопросами надо понимать как получение сведений о чем-либо (например, «выдать состояние работ по следующим характеристикам...»), так и решение каких-либо задач (например, «определить время выполнения задания № 5 участка № 1 при условии...») и т. д. Будем называть выделенные нами вопросы запросами, а слова, из которых они состоят, — элементами запросов. Далее необходимо определить допустимые размеры лицевой панели пульта и выбрать органы ввода, с помощью которых запросы будут вводиться в ЭВМ. Такими органами ввода могут быть: тумблеры, кнопки, клавиши и т. д. Составив полный перечень элементов запросов, нужно определить, какие из них используются чаще, какие реже и в соответствии с этим распределить их по органам ввода. Наглядное отображение этих частотных характеристик дано на графе, вершинами которого являются элементы запросов, а дугами — импликации между элементами (см. рисунок). По горизонтали обозначены одинаковые по смыслу элементы,

---

[1] Д. Мейстер, Дж. Рабидо. Инженерно-психологическая оценка при разработке систем управления. М., 1970.

образующие функциональные группы. По вертикали — алгоритм элементов и функциональных групп. Преобразование графа в квадратную матрицу смежности вершин позволяет судить о частоте использования элементов и логике связей между ними.[2]

Согласно граф-схеме (рисунок), элементы запросов, образующие функциональные группы, распределяются в двумерном пространстве панели пульта ввода (ПВ) таким образом, чтобы частотные характеристики логических связей между элементами и функциональными группами были значимыми. Вследствие такого топологического преобразования маршрут и время зрительного поиска существенно уменьшаются. Начало компоновки осуществляется с выбора точки отсчета на панели ПВ. За точку отсчета принимается та функциональная группа элементов, которая имеет самую большую значимость (по частоте, важности, оперативности и т. д.), выбранную проектировщиком и отвечающую сущности задач, выполняемых оператором. Эта группа фиксируется в оптимальной моторной зоне (зоне Барнеса) и уже от нее, согласно инженерно-психологическим критериям (частоте, логике, значимости), фиксируются остальные функциональные поля.

Одним из результатов распределения элементов запросов будет случай, когда часть кнопок (тумблеров, клавиш и т. д.) будет отведена для часто встречаемых элементов запросов, другая часть для различных служебных признаков (количество их уточнятся инженерами и математиками) и, наконец, третья часть органов ввода даст возможность набирать цифры и редко встречаемые элементы запросов (полностью или сокращенно). Возможен и другой вариант, например, когда редким элементам запроса ставится в соответствие свой код, который набирается на панели пульта. Словом, вариантов распределения может быть несколько и выбор того или иного из них определяется количеством элементов запросов, спецификой информации, условиями работы, возможностями оператора, схемой пульта, машинной реализацией набранного алгоритма. Распределив элементы запросов, необходимо приступить к этапу определения способа формирования алгоритма набора. В каждом конкретном случае возможен свой способ формирования алгоритма; например, можно все запросы разделить на несколько групп, приняв для каждой из них свою структуру набора, а для каждого запроса свой номер, можно набирать редко встречаемые элементы запросов на панели пульта или использовать заранее подготовленные перфокарты, магнитные ленты, жетоны и т. д.

---

[2] Г. И. Гусев, Г. В. Суходольский. К проблеме оптимальной компановки рабочего места человека-оператора. В сб.: Эсперияментальная и прикладная психология, вып. 3. Л., 1971.

Определив способ формирования алгоритмов запросов, следует перейти к компоновке панели пульта.

Анализ работы оператора в конкретной АСУ позволил нам выдвинуть рабочую гипотезу, согласно которой некоторые инженерно-психологические принципы, реализуемые при компоновке систем управления, могут быть использованы и при компоновке лицевой панели специализированного пульта ввода. Компоновка с учетом логической последовательности операций, принципа приоритета по частотным характеристикам, принципа объединения элементов в функциональные группы по семантическим признакам — все это определяет макро- и микроструктуру лицевой панели ПВ.

Под макроструктурой понимается, во-первых, объединение органов ввода в группы (функциональные поля) по тем или иным признакам, например, поле объектов, поле наиболее значимых элементов запроса, поле предлогов, поле характеристик, поле вспомогательных признаков и т. д.); во-вторых, размещение этих полей на лицевой панели ПВ, т. е. их пространственная организация. При пространственной организации панели ПВ можно воспользоваться приведенным графом (рисунок). Так, сумма частот элементов запросов, входящих в функциональные поля, определяет частоту обращения оператора к этому полю. Кроме того, панель ПВ должна отвечать и антропометрическим данным оператора, поэтому при пространственной организации ПВ следует учесть и такие параметры, как длина $L$ и ширина $H$ панели. После того как организация макроструктуры панели ПВ будет закончена, необходимо перейти к организации микроструктуры функциональных полей. Каждое функциональное поле ПВ, представляющее собой однородный по смыслу (классу и т. д.) массив элементов, может быть в свою очередь подразделено на группы элементов с более «тонкими» смысловыми оттенками.

Надписи на кнопках ПВ должны быть сокращены до минимума, но с тем условием, чтобы читаемость их не снижалась. При выборе кнопок учитываются размер, форма, величина усилия при нажатии.

На заключительном этапе инженерно-психологического исследования создается макет лицевой панели ПВ и экспериментально определяется время набора каждого алгоритма запроса ($T \leqslant T_{\max}$) и его надежность ($\beta \geqslant \beta_{min}$), где $T_{\max}$ — максимально допустимое время, а $\beta_{\min}$ — минимально допустимая надежность. В дальнейшем результаты исследования обсуждаются и корректируются совместно с инженерами-конструкторами, в результате чего выбирается окончательный вариант пульта ввода.

———

*Л. М. Веккер, Е. Н. Сурков*

# ИССЛЕДОВАНИЕ СЕНСОМОТОРНЫХ И ПЕРЦЕПТИВНО-ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ УПРАВЛЯЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ДИСПЕТЧЕРА

Изучение деятельности железнодорожного диспетчера представляет для инженерной психологии двоякий интерес. Во-первых, как и исследование деятельности авиационного и судового диспетчера, оно отвечает острому практическому запросу в оптимизации характеристик данного вида операторского труда. Во-вторых, специфические особенности деятельности железнодорожного диспетчера делают ее продуктивной моделью для исследования генезиса и общей структуры управляющих операций. Дело в том, что траектория авиационной трассы относительно свободно варьирует во всех трех пространственных координатах. Курс судна допускает свободное варьирование траектории в двухмерном пространстве водной поверхности. Траектория же железнодорожного маршрута является жестко фиксированной. Эта жесткая фиксация траектории определяет тесную связь управляющего действия по составлению маршрута с практическим приготовлением реального маршрута, воплощенного в рельсовом пути с фиксированным положением альтернативных стрелок.

Отрицательным выражением указанной тесной связи программирования и управления с собственно исполнением, т. е. приготовлением реального фиксированного маршрута, является «привязанность» управляющего действия к действию практическому (к переводу стрелок). Это обстоятельство замедляет и затрудняет «независимое» развитие операций управления, освобожденных от прокладывания или практического приготовления маршрута. Именно поэтому системы дистанционного управления железнодорожным транспортом развиваются относительно медленно и являются технически значительно более сложными, но вместе с тем и более «консервативными», чем системы управления воздушным движением.

Позитивный результат тесной связи управления с практическим исполнением заключается в том, что отдельные виды систем дистанционного управления железнодорожным транспортом воплощают в себе последовательные этапы их развития. Эти системы представляют как бы своеобразную «палеонтологию» развития и самих управляющих операций. Поэтому анализ этих систем дает возможность выявить основные тенденции этого «филогенетического» развития и проникнуть в его движущие силы. Последние определяются не только техническими факторами, но и психофизиологическими закономерностями формирования наиболее адекватных человеку-оператору структур управляющего действия. Отсюда вытекает возможность ис-

пользования деятельности железнодорожного диспетчера в качестве общей модели для инженерно-психологических исследований.

Исходя из этих предпосылок первый предварительный этап настоящего исследования мы посвятили изучению стадий развития систем дистанционного управления железнодорожным транспортом. Основной вывод из этого еще доэкспериментального этапа исследования заключается в том, что развитие этих систем идет в сторону приближения схемы управляющего действия к структуре предметного трудового действия, механизмы которого наиболее адекватны естественным возможностям человека. Именно этой психофизиологической тенденцией определяется развитие систем дистанционного управления железнодорожным транспортом в сторону соответствия структур сенсорного и моторного поля, поскольку в предметном трудовом действии это соответствие является наиболее полным. Не случайно поэтому согласованность структур перцептивного и моторного поля оператора максимально выражена в одной из последних систем дистанционного управления железнодорожным транспортом — системе маршрутно-релейной централизации.[1] Предварительное изучение деятельности диспетчера по обслуживанию этой системы дистанционного управления позволило нам собрать материал для постановки лабораторного этапа исследования.

Собственно экспериментальный этап исследования характеристик деятельности железнодорожного диспетчера включает следующие вопросы:

— изучение особенностей структуры сенсомоторных и интеллектуальных компонентов управляющих действий железнодорожного диспетчера, реализующего операции приготовления маршрутов;

— исследование особенностей протекания операций приготовления маршрутов в системах управления с разным соотношением сенсорного и моторного полей;

— изучение перцептивно-интеллектуальных компонентов процесса решения оперативных задач в условиях программирования управляющих действий и выявление некоторых факторов, с действием которых связано затруднение или облегчение процесса программирования управляющих действий железнодорожного транспорта.

Для решения поставленных в исследовании задач была изготовлена экспериментальная модель трех систем централизации управления железнодорожным транспортом. Основной частью

---

[1] Л. М. Веккер. О перестройке сенсорных и моторных функций оператора в процессе развития дистанционного управления железнодорожным транспортом. В сб.: Проблемы общей и индустриальной психологии. Л., 1963; Л. М. Веккер. Инженерная психология и проблема структуры и регулирующей функции перцептивного образа (в печати).

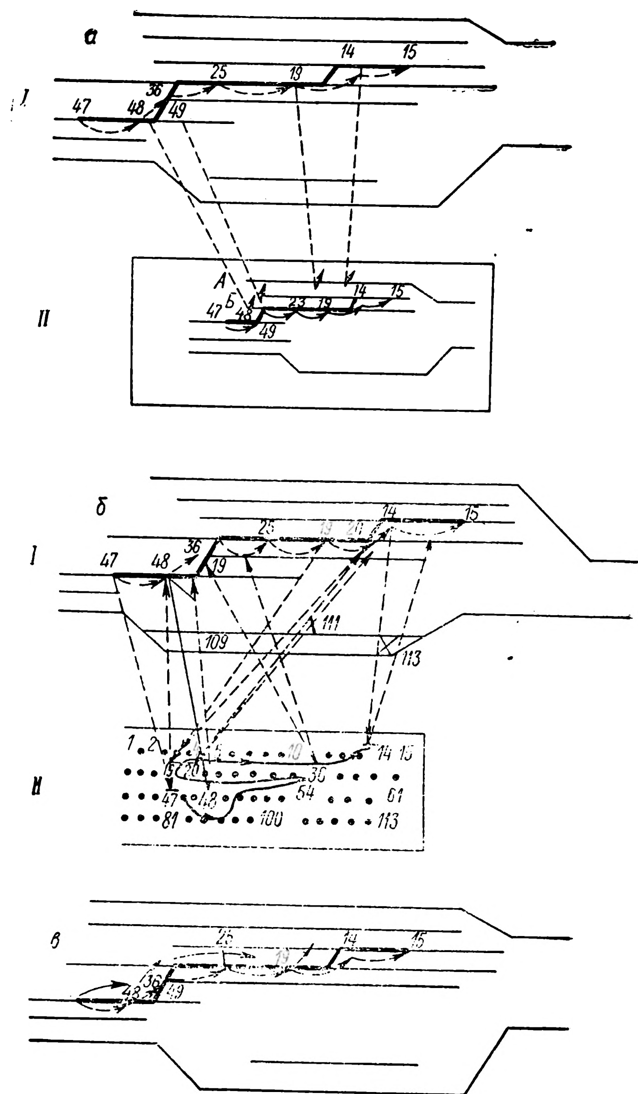



Рис. 1. Схема приготовления маршрутов.

*I* — табло; *II* — пульт; *а* — расположение тумблеров на пульте совпадает с расположением стрелок на табло; *б* — расположение тумблеров на пульте не совпадает с расположением стрелок на табло; *в* — тумблеры располагаются непосредственно на табло под стрелками. Пунктиром отмечена связь стрелок и тумблеров.

экспериментальной установки является панель, воспроизводящая пульт-табло маршрутно-релейной системы централизации. На табло имелись 3 входных и 6 выходных путей, 7 тупиков (А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З). Общее количество тумблеров, осуществляющих перевод стрелок,— 113.

Исследовались три варианта сочетаний табло, на котором отображалась схема железнодорожных путей и пультов управления. Структура сенсомоторных связей и ее особенности определялась этими сочетаниями. В одном варианте пульт был отделен от табло, а тумблеры на нем располагались в ряд («раздельный» пульт); во втором — пульт был отделен от табло, но расположение тумблеров точно воспроизводило расположение стрелок на табло («промежуточный» пульт); в третьем — тумблеры располагались непосредственно на табло под стрелками, т. е. пульт управления и табло были совмещены («совмещенный» пульт, см. рис. 1).

В целях изучения ряда вопросов программирующей деятельности оператора к основной модели табло и пультов был изготовлен третий пульт — пульт экспериментатора, используя который можно было осуществлять блокировку некоторых путей. Таким образом, используя этот третий пульт, экспериментатор мог усложнять оперативные задачи. Регистрировалось время решения и допускаемые ошибки. В некоторых случаях испытуемым предлагалось зарисовать прокладываемый маршрут.[2]

В ходе экспериментов были получены три группы фактов, характеризующих особенности сенсомоторных и интеллектуальных компонентов операции приготовления маршрутов. Первая группа фактов относится к характеристике особенностей структуры сенсомоторных связей при поиске рабочих стрелок, переключение которых собственно и завершает операции по приготовлению того или иного маршрута. Установлено, что в условиях деятельности на «раздельном» пульте возникает необходимость в специальном поиске тумблера, соответствующего рабочей стрелке. Поскольку расположение органа управления здесь отличается от расположения стрелки, сенсорная структура не может непосредственно направить и организовать этот поиск. Последний требует специальных действий, маршруты которых *обособлены* от той сенсорной структуры, которая имеет место на табло.

---

[2] Более подробно о методике исследования и процедуре эксперимента см.: Л. М. Веккер, Е. Н. Сурков. О соотношении структур сенсорного и моторного полей в операциях управления. В сб.: Проблемы инженерной психологии, вып. I. Л., 1964; Л. М. Веккер, Е. Н. Сурков. О соотношении и локализации сенсорного и моторных полей в управляющих операциях. В сб.: Проблемы инженерной психологии, вып. 4. Л., 1966; Л. М. Веккер, Е. Н. Сурков. К сравнительной характеристике сенсомоторных компонентов деятельности оператора в разных системах управления. В сб.: Проблемы общей и инженерной психологии. Л., 1964.

В условиях деятельности на «промежуточном» пульте сенсорные и моторные поля также пространственно разобщены и здесь симультанное зрительное восприятие тех и других невозможно. Однако по мере того, как взор испытуемого «прокладывает» соответствующий маршрут в сенсорном поле, рука испытуемого *параллельно* воспроизводит этот же маршрут, но теперь без специального поиска рабочих стрелок, подлежащих переводу. Осуществляющийся здесь непосредственный *перенос структуры* сенсорного поля в моторное снимает необходимость такого поиска. Здесь остается лишь необходимость эпизодического зрительного контроля за результатом произведенной операции переключения рабочей стрелки.

Наконец, в условиях деятельности на «совмещенном» пульте, где сенсорные и моторные поля находятся в сфере *одновременного* зрительного восприятия и где исключается необходимость дополнительных специальных соотнесений и переключений внимания, наблюдаются высокая скорость и плавность в выполнении моторных операций.

Вторая группа фактов характеризует *эффективность операций* по приготовлению маршрутов не только с качественной, но и с количественной стороны. В табл. 1 приводятся показатели

*Таблица 1*

**Среднее время, приходящееся на операции приготовления маршрутов и количество ошибок для трех систем управления. (1— „раздельный" пульт; 2— „промежуточный" пульт; 3— „совмещенный" пульт)**

| Варианты сочетаний табло и пульта | Среднее время решения задач, *сек* | Виды ошибок | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | пропуск рабочей стрелки | | Использование нерабочей стрелки | | Отклонения от заданного маршрута | |
| | | Кол-во ошибок в сред. на задачу | Кол-во обнаруженных ошибок | Кол-во ошибок в среднем на задачу | Кол-во обнаруженных ошибок | Кол-во ошибок в среднем на задачу | Кол-во обнаруженных ошибок |
| 1 | 65,2 | 5,2 | 2,0 | 6,6 | 2,4 | 0,2 | 0,2 |
| 2 | 34,7 | 4,2 | 1,8 | 5,2 | 4,0 | 0,6 | 0,6 |
| 3 | 21,6 | 5,8 | 2,0 | 8,8 | 2,6 | 1,2 | 1,2 |

среднего времени решения и точности выполнения операций приготовления маршрутов в рассмотренных выше трех вариантах сочетаний табло и пультов. Эти показатели, как и вся совокупность экспериментальных данных, позволяют сделать следующий вывод.

Важнейшим средством повышения эффективности действий оператора (по критерию точности и скорости) является *структурное соответствие в расположении* сигналов и органов управ-

ления. Не просто близость, на что часто указывается, а именно структурное соответствие.

Этот вывод подтверждается данными аналогичного исследования, проведенного С. А. Паужайте[3] на дозировочных реакциях и реакциях слежения.

Третья группа фактов характеризует интеллектуальные операции при прокладывании маршрутов. Эти операции связаны с раскрытием функционального значения стрелки и проявляются в значимом различии временных интервалов между переключением двух соседних рабочих стрелок. Экспериментально установлено, что, как правило, некоторое дополнительное время затрачивается на умственную операцию определения альтернативного или неальтернативного характера стрелки.

Таким образом, данные экспериментов позволяют говорить о двух уровнях регулирования операций приготовления маршрутов — *перцептивном* и *интеллектуальном.* Перцептивный уровень регулирования задает приготовляемый маршрут в виде наглядной схемы как совокупность линий или траекторий движения или только как пространственную структуру. Выбор подлежащих переводу стрелок, предполагающий определение их альтернативного или неальтернативного характера, из самой по себе пространственной структуры маршрута не вытекает. Осознание приготовляемого маршрута не просто как пространственной структуры линий, а как набора альтернативных стрелок требует с необходимостью интеллектуальной операции по выделению таких рабочих стрелок, перевод которых реализует то или иное задание по прокладыванию маршрута, выбору тех из них, которые отвечают определенной целевой функции оперативной задачи.

В моделируемых экспериментальных ситуациях имелись элементы *проблемности.* В частности, проблемность оперативной задачи в наших экспериментах была обусловлена тем, что не все маршруты, связывающие начальной и конечный пункты движения, являются свободными. Некоторые из них могут быть перекрыты (блокированы). Исходя из этого в следующей серии экспериментов в задачу испытуемых входило *отыскание* таких участков маршрута, используя которые можно было бы «обойти» блокированные участки в лабиринте путей и тем самым осуществить предварительное планирование (программирование).

Таким образом, прежде чем осуществлять операции поиска тех или иных номеров стрелок на табло и соответствующих этим номерам тумблеров-органов управления на пульте, т. е. прежде чем приступить к реализации исполнительных операций, испытуемые должны были воспринять ситуацию как проблемную

---

[3] С. А. Паужайте, Е. Н. Сурков. Фактор соответствия структур сенсорных и моторных полей оператора и эффективность управляющих действий. В сб.: Проблемы инженерной психологии, вып. III, ч. 2. М., 1968.

и осуществить сначала поиск маршрута в целом или его каких-то отдельных частей. Только после осуществления зрительного поиска и соответствующих интеллектуальных операций — обнаружения и выделения сигналов «занято», их оценки и последующего соотнесения между собой выбора свободных участков и переходов и их «синтеза» в целостный маршрут — испытуемые смогли сформировать программу и перейти к реализации собственно исполнительных операций.

*Таблица 2*

**Эффективность решения оперативных задач по поиску маршрутов движения при использовании различных стратегий (по критерию быстродействия), *сек***

| Стратегии зрительного поиска и временные показатели решения задач | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Локальный поиск | | | Поиск с возвратом | | | Зонный поиск | | | Поиск „в обход“ | | |
| 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 120 | 50 | 70 | 95,5 | 27,0 | 68,5 | 72,5 | 18,5 | 54,0 | 62,0 | 11,0 | 51,0 |

В графах 1, 2, 3 всюду обозначены: 1 — общее время решения задачи по поиску и приготовлению маршрута; 2 — время перцептивно-интеллектуальной фазы решения (зрительный поиск); 3 — время исполнения моторных операций.

Сформированная программа — это и есть то представление о найденном маршруте (или его частях), которое затем *направляет* и *организует* моторные, исполнительные операции. После того как в проблемной ситуации найден маршрут (или часть его), испытуемый неизбежно должен приступить к поиску, а затем к переключению тумблеров, относящихся теперь уже к соответствующим номерам стрелок на табло, перевод которых собственно и составляет операции приготовления найденного в ходе зрительного поиска маршрута.

Экспериментально выявлено четыре вида стратегий зрительного поиска: 1) *локальный* поиск; 2) поиск *с возвратом;* 3) *зонный* поиск; 4) поиск *«в обход».* В каждой стратегии содержится по существу перечень основных гипотез о том, в каком направлении и в какой последовательности следует осуществлять зрительное обследование проблемной ситуации, какие элементы подвергнуть оценке и последующему запоминанию и т. д.

В ходе исследования была осуществлена также сравнительная характеристика каждой из стратегий зрительного поиска по *критерию быстродействия.* В обобщенном виде полученные данные приведены в табл. 2. Как видно из таблицы, по критерию быстродействия наиболее оптимальными формами стратегий

*Таблица 3*

**Среднее время поиска в зависимости от пространственного положения одиночного сигнала „занято“**

| Серии опытов | Пространственное расположение (локализация) одиночного сигнала „занято“ в лабиринте путей | Среднее время решения задачи, *сек* |
|---|---|---|
| 1 | Сигнал „занято“ расположен около начального пункта . | 8,5 |
| 2 | Сигнал „занято“ расположен около конечного пункта . . | 6,7 |
| 3 | Сигнал „занято“ расположен в средине лабиринта . . . | 12,6 |
| 4 | Сигнал „занято“ расположен в средине с альтернативами выбора маршрута . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 14,7 |
| 5 | Сигнал „занято“ расположен в средине без альтернативы выбора маршрута . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 6,8 |

*Таблица 4*

**Среднее время решения проблемной задачи в зависимости от степени ее альтернативности**

| Характеристики задачи | Время решения, *сек* |
|---|---|
| Задача, не имеющая альтернатив . . . . . . . . . . . . . . | 19,0 |
| Задача, содержащая две альтернативы . . . . . . . . . . | 23,5 |
| Задача с тремя альтернативами . . . . . . . . . . . . . . | 24,4 |
| Задача, содержащая шесть альтернатив . . . . . . . . . . | 28,8 |

*Таблица 5*

**Увеличение среднего времени решения проблемных задач в зависимости от количества сигналов „занято“**

| Количество сигналов „занято“ | Среднее время решения, *сек* |
|---|---|
| При двух сигналах „занято“ . . . . . . . . . . . . . . | 12,4 |
| При пяти сигналах „занято“ . . . . . . . . . . . . . . | 22,5 |
| При семи сигналах „занято“ . . . . . . . . . . . . . . | 27,0 |

*Таблица 6*

**Влияние пространственной группировки сигналов „занято“ на среднее время умственного решения задач**

| Виды группировки сигналов „занято“ в пространстве путей лабиринта | | Среднее время решения, *сек* |
|---|---|---|
| Линейное (в строчку) размещение сигналов „занято“ | | 6,5 |
| „Кучная“ группировка сигналов „занято“ | в начале | 4,3 |
| | в середине | 4,5 |
| | в конце | 4,2 |
| Равномерное размещение сигналов „занято“ | | 14,2 |

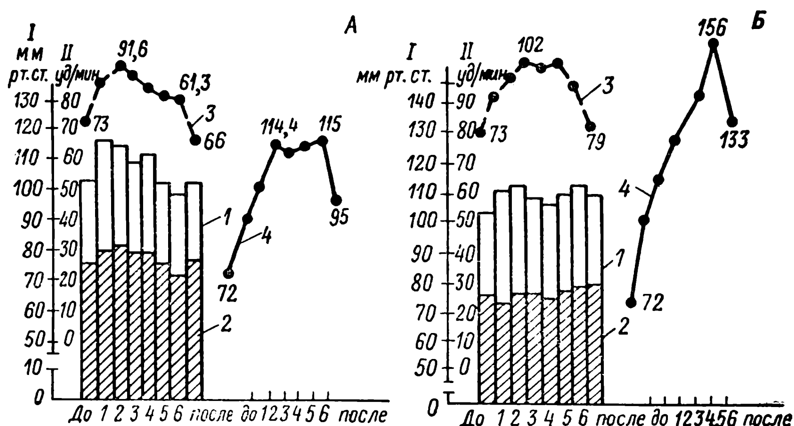



Рис. 2. Показатели изменения пульса, артериального и височного давления у испытуемых в фоновых (*А*) и в экстремальных (*Б*) условиях опыта.

*1* — максимальное; *2* — минимальное давление; *3* — частота пульса; *4* — височное давление. По абсциссе — номера оперативных задач; по ординате — I артериальное давление, *мм.рт.ст*; II — частота пульса (количество ударов в минуту).

зрительного поиска являются лишь зонный поиск и поиск «в обход».[4]

Общий вывод из проведенных исследований заключается в том, что успешность решения проблемных задач по поиску

[4] Более подробные сведения об особенностях структуры зрительного поиска и характеристиках указанных стратегий см. в работах: Е. Н. Сурков. О структуре информационного поиска при решении оперативных задач лабиринтного типа. В сб.: Человек и общество, вып. II. Л., 1967; Е. Н. Сурков.

2 621

маршрута в лабиринте путей на основе перечисленных видов стратегий зависит от способности испытуемых более или менее эффективно *расчленять* обследуемую лабиринтную сеть путей на некоторые области или участки, которые наиболее информативны с точки зрения целевой функции задачи.

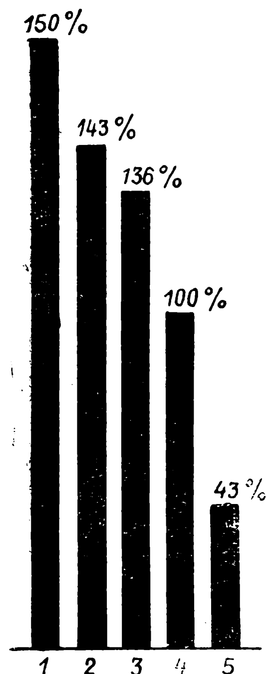



Рис. 3. Прирост относительной ошибки каждого вида в экстремальных условиях опыта.

*1* — пропуск рабочей стрелки; *2* — использование нерабочей стрелки; *3* — неправильное переключение органа управления; *4* — ошибка «забывания» цели; *5* — отклонение от намеченного маршрута.

В следующей серии экспериментов было исследовано влияние различных особенностей структуры оперативных задач (таких, как характер, число и различная группировка занятых участков, а также число альтернатив при выборе данного маршрута) на эффективность их решения. Эти эксперименты показали, что каждый из указанных выше факторов в большей или меньшей степени определяет собой трудности задач по зрительному поиску маршрута, а это сказывается на временны́х показателях хода их решения. Данные о влиянии этих факторов на время решения оперативных задач в обобщенном виде в табл. 3, 4, 5, 6.

Несколько особое место в системе исследований характеристик деятельности оператора занимает вопрос о влиянии экстремальных условий (лимита времени) на особенности протекания поиска и приготовления маршрутов. Эксперимент показывает, что экстремальность вызывает у испытуемых эмоциональное и умственное напряжение (стресс). Это напряжение выражается, в частности, в динамике вегетативных сдвигов, которые и были прежде всего подвергнуты изучению. Было выявлено, что при решении задач выбора и прокладывания маршрутов в условиях дефицита времени имеют место изменение частоты пульса и показателей и артериального давления (рис. 2).

Что касается основного вопроса о том, как влияет стресс на характеристики зрительного поиска и приготовления маршрутов, то здесь были выявлены две противоположные тенденции. Одна из них выразилась в снижении качества деятельности,

---

Исследование эвристических компонентов процесса решения задач лабиринтного типа. Автореф. канд. дисс. Л., 1967; Е. Н. Сурков, Н. И. Махова. О процессе формирования навыка «умственных действий» при решении задач лабиринтного типа. В сб.: Проблемы инженерной психологии, вып. 3, ч. 2. М., 1968.

*Таблица 7*

**Оптимизация решения оперативной задачи испытуемыми (по параметру быстродействия) в связи с изменением способа предварительного программирования в экстремальных условиях**

| Испытуемые | Фоновый опыт | | | Экстремальные условия опыта | | | Разница между заданным временем и временем решения задачи, *сек* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Способ предварительного программирования в ходе решения задачи | Общее время решения задачи, *сек* | Время умственного и моторного компонента, *сек* | Способ предварительного программирования в ходе решения задачи, *сек* | Общее время решения задачи, *сек* | Время умственного и моторного компонента, *сек* | |
| 1 | Локальный поиск | 52 | 11/41 | Зонный поиск | 37 | 4/33 | —2 |
| 2 | То же | 65 | 16/49 | То же | 34 | 5/29 | +1 |
| 3 | „ „ | 69 | 19/50 | „ „ | 36 | 6/30 | —1 |
| 4 | „ „ | 57 | 12/45 | „ „ | 35 | 6/29 | 0 |
| 5 | „ „ | 59 | 16/43 | „ „ | 31 | 4/27 | +4 |
| 6 | Поиск с возвратом | 44 | 13/31 | Поиск с возвратом | 33 | 5/28 | +2 |
| 7 | То же | 41 | 9/32 | Зонный поиск | 34 | 5/29 | +1 |
| 8 | Локальный поиск | 63 | 14/49 | То же | 35 | 4/31 | 0 |
| 9 | То же | 61 | 10/51 | „ „ | 32 | 4/28 | +3 |
| 10 | „ „ | 59 | 12/47 | „ „ | 33 | 5/28 | +2 |

в частности в приросте числа относительных ошибок (рис. 3). Вместе с тем в ряде случаев наблюдается обратная тенденция к оптимизации деятельности, что выражается в существенном изменении стратегий зрительного поиска в ходе отыскания нужного маршрута. Менее оптимальные стратегии (по критерию быстродействия )заменяются более оптимальными. В обобщенном виде некоторые данные такой оптимизации деятельности испытуемых приведены в табл. 7. Из таблицы видно, что радикальное изменение способа предварительного программирования в ходе решения одной из проблемных задач приводит к сокращению времени умственного решения данной задачи в среднем на 50%. Если время умственного решения задачи локального поиска, чаще всего применяемого в условиях фоновых опытов, колеблется в пределах от 10 до 16 *сек*, то это же время при использовании стратегий зонного поиска или поиска с возвратом, используемых в условиях стресса, колеблется в пределах от 4 до 8 *сек*. Таким образом, тенденция к оптимизации оказывается здесь явно выраженной.

Приведенные факты в определенной мере раскрывают возможности оператора к *адаптации* именно в экстремальных условиях деятельности.

---

*В. М. Водлозеров*

## К ПРОБЛЕМЕ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ

В настоящей работе представлены результаты экспериментального исследования перцептивной экстраполяции, полученные при работе с движущимися объектами — целями, сделана попытка выявить некоторые общие закономерности (особенности) проявления экстраполирующих функций психических процессов на различных уровнях регуляции.

Исследования показывают, что эффективность выполнения действий человека-оператора, работающего в различных режимах, в значительной мере зависит от возможности и степени предвидения хода изменения той или иной рабочей ситуации. Особенно отчетливо особенности экстраполирующих функций психической регуляции проявляются при анализе поведения человека-оператора, работающего в режиме слежения.

Слежение выступает как динамический процесс сенсомоторных координаций: непрерывное изменение состояний входного сигнала требует непрерывного двигательного приспособления к нему. Успешное выполнение операций слежения предполагает, что пространственно-временнáя структура движения руки должна быть согласована с динамикой изменения входного сиг-

нала. В противном случае возникает значительное рассогласование между «входными» и «выходными» данными системы управления. Анализ данных, полученных в экспериментах, показал, что при слежении за регулярным входным сигналом наблюдаются два этапа работы: 1) переходный (ориентировочный) и 2) установившийся. Первый этап характеризуется большей или меньшей дробностью движений, значительным количеством пауз. В течение переходного этапа преодолевается значительное рассогласование (задержка реакции уменьшается от 0,25 и более секунд до 0,05—0,06 *сек*), возникающее из-за запаздывания реакции испытуемого. Психологическим содержанием первого этапа является уточнение образа, регулирующего движения, связанное с выбором режима движения, оптимального в данных условиях.

Зрительная система выполняет функцию измерения величины перемещения (изменения) входного сигнала, а кинестетическая — величину перемещения руки. На первом этапе на основе сопоставления зрительного и кинестетического образов определяется соразмерность между движением руки и перемещением визуально воспринимаемого сигнала-объекта, т. е. находится некоторая «чувственная» мера движения, обеспечивающая объединение парциальных движений в относительную непрерывность зрительно-моторной координации. Перестройка и уточнение зрительного образа создают условия для активизации внутреннего (проприоцептивного) контура регулирования.

Моторный компонент действия слежения включает массу движений: ориентировочных, измерительных, исполнительных, корректировочных и приспособительных. Внутренний контур регулирования обеспечивает оптимальное в каждый данный момент времени сочетание этих движений, выполняемых различными звеньями руки, и их взаимные переходы. В процессе слежения рука находится в состоянии «динамического равновесия», которое позволяет с максимальной скоростью преодолевать возникающие реактивные силы. Это является одним из важнейших условий оперативной готовности к перестройке двигательного поведения. С активизацией внутреннего контура регулирования изменяется и характер движения руки: оно становится непрерывным, более плавным и точным. Условиями активного включения внутреннего контура в процесс регуляции являются: 1) перцептивная экстраполяция; 2) нахождение «чувственной» меры движения.

Перцептивная экстраполяция выступает в качестве одного из важнейших механизмов функционирования образа, регулирующего движения и действия человека-оператора. Включение механизма перцептивной экстраполяции (предвидения) в процесс регуляции позволяет строить движения с учетом не только наличных, но и ближайших во времени состояний управляемых

сигналов-объектов. Вследствие этого эффективность управляющих действий резко повышается.

Таким образом, в ходе слежения характер движения руки изменяется. Надо полагать, что изменение характера движений руки обусловлено перестройкой механизма их регуляции. Следует думать, что повышение точности экстраполяции изменения состояний сигналов-объектов осуществляется благодаря перестройке и уточнению перцептивного образа, регулирующего движения. Эффективность предвидения (экстраполяции) сильно понижается с увеличением сложности «поведения» регулируемого объекта-цели.

Длительность переходного режима работы зависит от многих факторов, в том числе от уровня сложности динамики входного сигнала. При слежении с преследованием входного сигнала, перемещающегося с некоторой постоянной скоростью, она составляет около 2,5—3,0 *сек.* Исходя из анализа режимов работы оператора и их характеристик, а также из динамики изменения порогов зрительного различения изменений скорости, естественно ожидать, что точность экстраполируемого движения увеличивается с увеличением как времени слежения (длительности экспозиции движущегося сигнала), так и скорости его перемещения. Эксперименты по исследованию точности экстраполяции скорости движения, проведенные нами, подтверждают это предположение.[1] Анализ полученных данных показал, что при кратких экспозициях (0,5—1 *сек*) точность экстраполяции скорости низка. Однако с увеличением времени слежения до 2—3 *сек,* т. е. к моменту завершения переходных процессов, она резко повышается. При прочих равных условиях точность экстраполируемого движения ниже при малых скоростях перемещения входного сигнала. С увеличением скорости и времени слежения движение руки становится непрерывным, а точность экстраполяции повышается.[2]

Эксперименты с регулярным ступенчатым входным сигналом (интервалы времени были 10; 5; 2,5; 1,5 и 0,5 *сек,* амплитуды смещения —10; 20; 40; 80; 160 *мм*) позволили выявить три вида реакций на изменение пространственного положения входного сигнала и их динамику в зависимости от интервала времени: 1) запаздывающие реакции — движение руки начинается

---

[1] В опытах исследовалась точность экстраполяции скорости входного сигнала, исчезающего из поля зрения испытуемого после 0, 5; 1; 2; 3; 4; 5 *сек* своего движения (время слежения). Скорости перемещения входного сигнала были 1, 2, 4, 6, 8 и 10 *мм/сек* при дистанции наблюдения 50—60 *см.* Манипулируя ручкой управления (маховиком), испытуемый должен был прослеживать входной сигнал, а после его исчезновения экстраполировать (в течение 10 *сек*) скорость его перемещения.

[2] См.: В. М. Водлозеров. Перцептивная антиципация и экстраполяция как один из механизмов слежения. В сб.: Проблемы инженерной психологии, вып. 2. Л., 1965.

*после* того, как произошло очередное смещение входного сигнала. При интервале времени 10 *сек* запаздывающие реакции составляют около 98% от общего количества реакции; 2) преждевременные реакции — движение руки начинается до начала очередного смещения сигнала. Эти реакции появляются по мере уменьшения интервала времени и увеличения времени слежения (как правило, после 3—6 движений — переходный этап); 3) предвосхищающие реакции — движение руки начинается к моменту очередного смещения входного сигнала, т. е. запаздывание практически равно нулю.

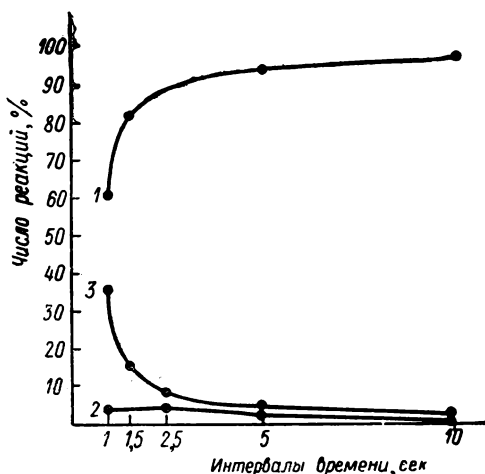



Рис. 1. Динамика изменения числа запаздывающих (*1*), преждевременных (*2*) и предвосхищающих реакций (*3*) в зависимости от интервала времени.

Динамика изменения числа указанных выше реакций (в %) в зависимости от интервала времени показана на рис. 1. По мере выполнения операций дискретного совмещения время запаздывания уменьшается до некоторого относительно постоянного уровня (установившаяся ошибка), величина которого уменьшается с уменьшением интервала времени. Особенно отчетливо эта тенденция наблюдается при малых (1—1,5 *сек*) интервалах времени: запаздывание реакции уменьшается от 0,22 до 0,05—0,06 *сек*. При интервалах 10 и 5 *сек* уменьшение запаздывания реакции становится незначительным, оно колеблется около 0,20 *сек*. С сокращением интервала времени от 10 до 1 *сек* средняя величина ошибки упреждения (преждевременные реакции) уменьшается от 0,4—0,5 до 0,10 *сек*.

Таким образом, с увеличением интервала времени запаздывание реакции и длительность совершаемого движения (время регулирования) увеличиваются, а число предвосхищающих реакций, уменьшаясь, падает почти до нуля. Следует думать, что при довольно значительных интервалах времени (10 *сек*) экстраполяция изменения состояний входного сигнала *во времени* затруднена. Это, видимо, связано с тем, что точность оценки интервалов времени снижается. Напомним, что ошибка преждевременных реакций увеличивается до 0,50 и более секунд, т. е. она становится больше времени запаздывания. Поэтому при интервалах времени 10 *сек* испытуемый начинает движение

руки лишь после того, как произойдет очередное смещение входного сигнала; возникает запаздывание реакции порядка 0,20—0,25 сек. В данном случае регуляция движений осуществляется в основном по внешнему контуру регулирования (глаз—рука): воспринимая визуально разность пространственного положения сигнала и указателя, испытуемый сводит рассогласование к минимуму.

С уменьшением интервала времени движение руки становится все более непрерывным: пауза между отдельными движениями уменьшается от 9,5—9,0 до 0,5—0,10 *сек.* В процессе дискретного совмещения (слежения) в двигательной системе руки вырабатывается некоторый определенный ритм чередования процессов возбуждения и торможения, определяется «чувственная» мера соотношения длительностей движения и последующей за ним паузы.

В одной из серий экспериментов, проведенных нами, по истечении некоторого времени входной сигнал исчезал. Испытуемый должен был отмеривать интервалы времени (0,5; 1; 1,5; 2,5; 5 и 10 *сек*), по истечении которых происходило очередное смещение сигнала. Интервалы времени словесно не обозначались. От испытуемого требовалось не просчитывать интервалы как в процессе слежения, так и в процессе отмеривания. В условиях, ограничивающих отсчет времени, информация о длительности интервалов поступала испытуемому в виде кинестетических ощущений от дискретных движений руки (и глаз), прерываемых паузами. Эксперименты показали, что при коротких интервалах (0,5—1,5 *сек*) установившийся в процессе слежения режим работы отчетливо сохраняется и в процессе отмеривания. С увеличением длительности заданного интервала средняя длительность отмериваемых пауз по знаку «—» (длительность паузы меньше длительности интервала) увеличивается от 0,30 до 8,2 *сек;* по знаку «+» (пауза больше интервала) — от 0,65 до до 11,9 *сек.* Среднее квадратическое отклонение увеличивается от ±0,06 до ±1,0 *сек.* При коротких интервалах (0,5—1,5 *сек*) разность между длительностью отмериваемых пауз по знаку «—» и пауз при слежении составляет 0,07—0,10 *сек.* Однако с увеличением интервала до 5—10 *сек* она увеличивается до 0,5—1,5 *сек.*

Обращает на себя внимание тот факт, что длительность отмериваемых пауз между движениями неравномерна, особенно при значительных интервалах, равных 5—10 *сек.* В последнем случае диапазон колебаний длительностей увеличивается до 1—2 и более секунд (у одного и того же испытуемого). При этом наблюдаются резкое или постепенное увеличение или укорочение длительности пауз — до 1,5—2 раз. Просчитывание интервалов «про себя» оказывает стабилизирующее воздействие на процесс отмеривания. Просчитывание коротких интервалов

не оказывает существенного влияния на процесс отмеривания пауз.

Можно полагать, что *непрерывность* движения руки выступает в качестве одного из важнейших условий активного включения в процесс регуляции внутреннего контура регулирования. Благодаря активному *взаимодействию* внешнего и внутреннего контуров регулирования, в основе которого лежит механизм предвидения и экстраполяции, обеспечивается высокий уровень зрительно-двигательной координации.

В своей трудовой деятельности, а также и в повседневной жизни человек часто имеет дело с объектами-сигналами, которые перемещаясь, изменяют свое положение в пространстве. Различного рода своевременные управляющие движения и действия на изменение состояний движущихся объектов-сигналов (пуск, остановка, торможение, изменение курса и др.) являются составной частью деятельности по управлению автомобилем, подъемным краном, самолетом, кораблем и т. д. Очевидно, что эффективность выполнения управляющих действий в данных условиях, их точность и скорость во многом зависят от возможностей предвидения человеком хода изменения положений (состояний) объектов-сигналов как в пространстве, так и во времени. Следует полагать, что развитие навыка по управлению различного рода движущимися объектами-целями в значительной мере зависит от развития экстраполирующих свойств психической регуляции, т. е. от способности человека предвидеть и экстраполировать во времени (по крайней мере в ближайшем будущем) динамику изменения состояний управляемого объекта по отношению к окружающей его среде и другим объектам. Исследования показывают, что одним из важных условий эффективности управляющих действий в подобных условиях выступает умение правильно определить момент или точку встречи двух и более объектов-целей. При этом различают два основных варианта задач: 1) задачи на определение неподвижным наблюдателем момента встречи объектов; 2) задачи на определение момента или точки встречи самого движущегося наблюдателя с движущимся объектом. Исследования Л. Б. Ительсона показали, что механизм «активного» динамического глазомера (второй тип задач) является сложным образованием, представляя собой функциональную серию психических актов, развертывающихся в структуре первой и второй сигнальных систем. Важно отметить, что функционирование «динамического глазомера» протекает непрерывно и сопровождается по мере сближения объектов все более точной корректировкой результатов. Однако в силу своей значительной сложности и методических трудностей механизмы активного глазомера изучены слабо.[3]

[3] Л. Б. Ительсон. К вопросу о динамическом глазомере. В сб.: Проблемы восприятия пространства и времени. Под ред. Б. Г. Ананьева и Б. Ф. Ломова. Л., 1961.

Эксперименты А. В. Скрипченко, в которых исследовалась точность определения учащимися момента встречи двух движущихся объектов (один из них перемещался в горизонтальной, а другой — в вертикальной плоскости) в заранее определенном месте, показали, что не все испытуемые (учащиеся) сразу *осознают* необходимость определения точки упреждения. Вследствие этого у них наблюдаются значительные ошибки, ведущие к запаздыванию реакции.[4]

В наших экспериментах исследовались точность и скорость определения экстраполяции места встречи двух сигналов-меток, перемещающихся в узкой светящейся щели слева направо с различной скоростью. Расстояние между обеими метками и их скорости были выбраны таким образом, что совмещение меток (левая имела большую скорость, чем правая) происходило через 10 и 20 *сек*. Место встречи испытуемому заранее не было известно (оно зависело от расстояния между метками в момент их движения и от разности их скоростей). Задача испытуемого состояла в том, чтобы исходя из оценки динамики сближения обеих меток точно и быстро переместить указатель (писчик) на место будущего их совмещения. Траектория перемещения писчика регистрировалась на движущейся ленте, на которой была вычерчена программа движения меток. Благодаря этому обеспечивался количественный анализ динамики сближения меток и траектории перемещения указателя.

Анализ полученных данных показал, что эффективность экстраполяции места совмещения, ее точность и скорость, существенно зависят от степени четкого осознания испытуемыми связей между параметрами движения (расстоянием между обеими метками и разностью их скоростей). Так, если исходное расстояние между метками, так же как и разность их скоростей, незначительно, то место их будущего совмещения заметно отодвигается от исходного пункта. Однако оно приближается к исходному пункту в том случае, когда разность скоростей перемещения обеих меток становится все более значительной (время до совмещения меток во всех случаях оставалось постоянным).

Проведенные исследования позволили выявить ряд этапов стадий, развития навыка. В начале экспериментов все без исключения испытуемые не учитывают влияния параметров движения на экстраполяцию точки совмещения. Вследствие этого они значительное время не могут определить точку совмещения, совершая ряд прослеживающих движений или непрерывно перемещая указатель и опережая правую метку на 2—3 *сек*. Лишь за 0,5—1 *сек* до момента совмещения меток они более или менее точно

---

[4] А. В. Скрипченко. Оценка пространственных и временных соотношений движущихся объектов при некоторых случаях практического решения «задачи встречи». В сб.: Проблемы восприятия пространства и времени. Под ред. Б. Г. Ананьева и Б. Ф. Ломова. Л., 1961.

устанавливают указатель в точке встречи. В ходе развития навыка (тренировки) по мере осознания и упрочения существенных связей между параметрами движущихся меток (не без помощи экспериментатора) количество движений (перемещений указателя) сокращается. Испытуемые более уверенно выводят указатель на такое расстояние, при котором совмещение произойдет через 10—15 *сек* (по условиям опыта через 20 *сек*). Однако окончательная корректировка, как правило, происходит за 1—3 сек (в зависимости от индивидуальных особенностей), остающихся до момента совмещения движущихся меток-сигналов.

В последующих экспериментах нами исследовалось влияние времени экспозиции (наблюдения) на точность реакции на совмещение двух меток, одна из которых (правая) была неподвижной, причем по условиям опыта испытуемый не знал, в каком месте появится неподвижная метка. В начале каждого опыта в узкой светящейся щели появлялась темная метка-штрих размером 0,5×1 *мм.* В течение первых 2 *сек* она оставалась неподвижной, а затем перемещалась прямолинейно вдоль горизонтальной щели слева направо со скоростью 10 *мм/сек.* По истечении некоторого времени перемещения первой метки на пути ее движения появлялась вторая, неподвижная, метка. Время перемещения первой метки до появления второй равнялось 4; 2 и 1 *сек.* Время, остающееся до момента совмещения обеих меток, т. е. от момента появления второй (неподвижной) и до их встречи (назовем его временем совмещения), оставалось равным 0,25; 0,50; 1,0; 2,0; 4,0 *сек.* Испытуемый должен был реагировать на момент совмещения меток. После нажатия на реактивный ключ остановки движущейся метки не происходило — она продолжала перемещаться в том же направлении и с той же скоростью.

Из анализа полученных данных следует, что при значительном времени наблюдения (от 8 до 2 *сек*) ошибка реакции относительно постоянна и равна ±0,04—0,07 *сек* (при среднем квадратическом отклонении ±0,02—0,04 *сек*). Однако с уменьшением времени совмещения (менее 2 *сек*) ошибка запаздывающих реакций начинает увеличиваться, достигая 0,14—0,18 *сек* при времени совмещения 0,25 *сек.*

С увеличением «дефицита» времени число преждевременных реакций уменьшается и при времени совмещения 0,25 *сек* падает до нуля. Основным фактором, определяющим точность регуляции, в данных условиях выступает время совмещения, т. е. время, в течение которого производится активная оценка динамики сближения объектов. На основе этой оценки испытуемые находят «точку» упреждения (как во времени, так и в пространстве). С уменьшением времени совмещения сенсорный контроль за ходом сближения объектов затрудняется, скорость и точность регуляции движений снижаются — время запаздывания увеличивается до 0,18 *сек,* приближаясь к времени простой сенсомоторной реакции. Происходит смена способов регуляции — реакция

на совмещение объектов начинает протекать по механизму простой сенсомоторной реакции. С увеличением времени совмещения до одной и более секунд, необходимых для уточнения перцептивного образа, регулирующего движения, создаются условия для активного включения в процесс регуляции механизма перцептивной экстраполяции. В этих условиях эффективность управляющих действий повышается, ошибка реакции уменьшается до минимума, составляя 0,04—0,06 *сек*.

На основе ощущений и восприятий возникает новая, более сложная форма чувственного отражения — представление. Представление выступает вторичным по отношению к непосредственному восприятию образом.

В одной из серий экспериментов исследовалась точность экстраполяции момента встречи двух сигналов-меток, одна из которых (правая) была неподвижной, а другая перемещалась в направлении слева направо со скоростью 10 *мм/сек*. Движущаяся метка перемещалась в течение 5 *сек* (время экспозиции движущейся метки) и затем исчезала, т. е. становилась невидимой для испытуемого. Расстояние между метками в момент исчезновения одной из них было 10; 20; 30; 40; 50; 70; 100; 150; 200 и 250 *мм*. Таким образом, время до момента встречи сигналов-меток в момент исчезновения одной из них (движущейся) оставалось равным 1; 2; 3; 4; 5; 7; 10; 15; 20 и 25 *сек* (время совмещения — экстраполяции). Испытуемый, опираясь на представление о скорости исчезнувшей метки, должен был нажать на реактивный ключ в момент, когда он считал, что совмещение меток произошло. Если в предыдущих опытах испытуемый непосредственно воспринимал момент встречи, то в данных условиях встреча как бы отодвигалась на некоторый интервал времени вперед.

Из анализа полученных данных следует, что с увеличением времени совмещения (экстраполяции) от 1 до 25 *сек* ошибка запаздывающих и преждевременных реакций увеличивается от ±0,2—0,4 до ±4—5 *сек*. При этом с увеличением времени совмещения от 1 до 5 *сек* число относительно точных реакций (с точностью 2—3%) резко уменьшается. На экспозиции более 5 *сек* приходится лишь около 15% относительно точных реакций (в % от их общего количества).

Таким образом, если при непосредственном восприятии временная ошибка реакций минимальная и составляет около 0,05 *сек* (в среднем), то в условиях, когда момент совмещения определяется *представлением* скорости движущейся метки, ошибка резко возрастает, причем точность экстраполяции снижается с увеличением времени совмещения. Более тщательный анализ особенностей экстраполяции, проведенный при нашем руководстве А. З. Гафаровым, показал, что точность экстраполяции, как и следовало ожидать, зависит от времени экспозиции, скорости движения и времени совмещения (рис. 2 и 3). Данные

свидетельствуют о том, что процесс экстраполяции носит сложный характер, зависит от многих факторов, в том числе от направления движения сигналов, от того, движутся они навстречу друг другу с одинаковой или разной скоростью и др.

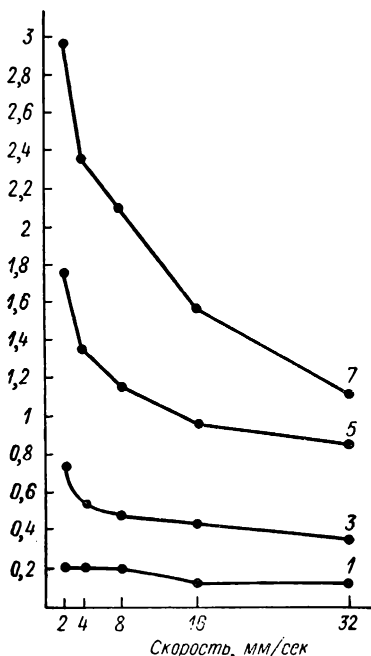



Рис. 2. Ошибка преждевременных реакций в зависимости от скорости движения сигнала-метки при различном времени совмещения (длительность экспозиции 1 *сек*, одна из меток — правая — неподвижна).

*1, 3, 5* и *7* — время совмещения, *сек*.

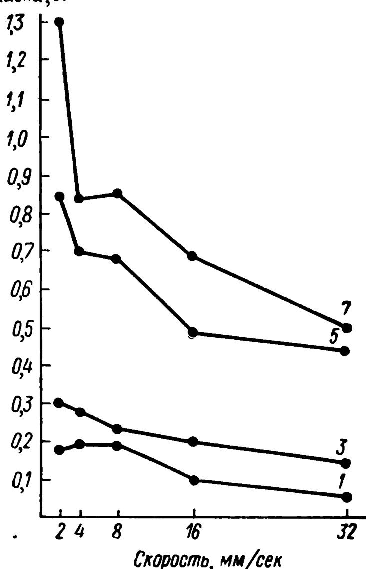



Рис. 3. Динамика изменения разности ошибки преждевременных реакций при длительности экспозиций 1 и 5 *сек*.

Обозначения те же, что на рис. 2.

Анализ данных показал также, что процесс построения и функционирования перцептивного образа даже в относительно простых случаях носит сложный, а в определенных условиях и противоречивый характер. Однако следует учитывать, что представлению как психическому процессу свойственна противоречивость, вытекающая из его двойственной природы. Представление — ступень диалектического перехода от непосредственного отражения (восприятие) к мышлению, оперирующему понятиями. Поскольку представление является переходной формой отражения, то оно несет в себе особенности, присущие как непосред-

ственному восприятию, так и понятию. С одной стороны, представление есть чувственный образ, а значит, оно имеет черты, общие с непосредственным восприятием. С другой,— от восприятия оно отличается тем, что, будучи вторичным по отношению к восприятию, представляет некоторый обобщенный образ, т. е. оно содержит не все особенности, присущие непосредственному восприятию, а лишь некоторые, более общие. С одной стороны, представление как чувственный образ характеризуется неустойчивостью, угасанием, с другой,— обобщенностью и панорамностью. Естественно, что указанные выше особенности не могут не сказываться и на его регулятивной функции. Видимо, по мере «угасания» непосредственного образа регулирование начинает протекать на основе некоторого обобщенного образа-представления (в данном случае скорости), содержащего прошлый опыт. Можно предположить, что в процессе наблюдения (время экспозиции) за движением объектов происходит уточнение перцептивного образа ситуации, параметров движения. Однако по мере его «угасания» сохраняются лишь некоторые общие закономерности движения, на основе которых и определяется будущая ситуация — момент встречи (совмещения) объектов — целей.

Экстраполяция осуществляется прежде всего с опорой на кинестетические ощущения, поступающие от прослеживающих движений глаз. Они выступают существенным компонентом перцептивного образа скорости.

Эксперименты по определению испытуемыми точки пересечения двух взаимно перпендикулярных отрезков, расстояние между которыми изменялось, показали, что по мере удаления отрезков друг от друга (при прочих равных условиях) пространственная ошибка увеличивается (А. З. Гафаров, Е. Н. Сурков, Г. В. Суходольский). Из анализа экспериментальных данных следует, что пространственная ошибка с удалением отрезков в пространстве и временная ошибка по мере «удаления» момента совмещения (пересечения) во времени увеличиваются, а точность перцептивной экстраполяции снижается. Полученные данные свидетельствуют о наличии некоторых общих закономерностей отражения пространства и времени в их единстве: скорость, как известно, является первой производной от пути по времени.

Особый интерес для выявления особенностей экстраполяции, а также процессов переработки информации сложного характера представляет исследование функций самонастройки и саморегуляции следящей системы «человек-оператор», работающей в условиях сложных входных воздействий. Исследование функций самонастройки и саморегуляции, статистических характеристик человека-оператора при сложных входных воздействиях важно и с практической точки зрения, поскольку в настоящее время актуальны вопросы устойчивости отдельных звеньев системы «че-

ловек-автомат», сопряжения нескольких элементов системы, в составе которых функционирует человек.

Сравнительный анализ психической регуляции и регулирования в автоматических системах (САР) показывает, что существуют общекибернетические принципы управления, распространяющиеся как на автоматы, так и на рефлекторную систему, осуществляющую психическое регулирование (замкнутая структура контура регулирования, наличие обратной связи, возникновение рассогласования и его последующая отработка). Хотя по скорости и точности выполнения отдельных операций и пропускной способности автоматы, *как правило,* превосходят возможности психического регулирования, но по таким жизненно важным характеристикам, как обобщенность, целостность, универсальность, надежность и помехоустойчивость, современные автоматические системы далеки от характеристик психического регулирования. Следует полагать, что наблюдающиеся различия определяются спецификой регулирующего образа как управляющего сигнала по сравнению с той формой (кодовой) сигналов, которая реализуется в технических системах управления.

Совместно с Г. В. Суходольским и Г. А. Сергеевым нами проведено экспериментальное исследование действий человека-оператора, работающего в режиме слежения с преследованием сигнала метки, перемещающейся прямолинейно со случайной скоростью (в пределах 1—1000 *мм/сек*). В качестве траектории движения метки (программы ее перемещения) были использованы случайные, но повторяющиеся циклично функции.[5]

Эксперименты показали, что высокий уровень самонастройки и саморегуляции, лежащий в основе таких особенностей деятельности человека-оператора, предвидение и экстраполяция, обеспечивает высокую степень активности процессов переработки информации сложного характера.

Анализ экспериментальных данных позволяет сделать следующие основные выводы относительно некоторых общих закономерностей и условий функционирования механизма экстраполяции.

Одним из необходимых условий успешной экстраполяции является время предшествующего наблюдения (в наших экспериментах — время экспозиции). Оно зависит от уровня сложности управляемого процесса. На первом этапе на основе оценки текущих состояний сигнала собирается информация, необходимая для оценки ближайших во времени состояний входного сигнала, хода его изменения, т. е. в течение некоторого времени происходит «усвоение» закона движения (изменения), связанное

---

[5] См.: Г. А. Сергеев, Г. В. Суходольский, В. М. Водлозеров Исследование статистических характеристик человека-оператора при нестационарных входных воздействиях. В сб.: Система «человек и автомат». М., 1965.

с уточнением психического образа, регулирующего движения.

При прочих равных условиях эффективность экстраполяции снижается с увеличением *неопределенности* изменения состояний входного сигнала (как в пространственной, так и во временно́й области) по мере «удаления» экстраполируемого события как в пространстве, так и во времени, т. е. в данных условиях ошибка резко увеличивается. Тренировка оказывает положительное воздействие на точность экстраполяции — ошибка уменьшается.

Указанные особенности экстраполяции проявляются (хотя и в специфической форме) как на логическом (речемыслительном) уровне отражения и регуляции, так и на чувственном.

---

*В. М. Водлозеров*

## О ХАРАКТЕРИСТИКАХ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ У ЧЕЛОВЕКА

Из практики известно, что если человек достаточно быстро перемещает руку из одного положения в другое, то он может перенести или недонести ее до цели. Обычно для того чтобы достичь определенного результата (например, установить подвижную стрелку того или иного прибора на некоторой заданной отметке), человек выполняет ряд последовательных более или менее дискретных движений. Корректировочные движения выступают одним из компонентов дозировочных реакций.

В наших экспериментах входным сигналом служила темная метка-штрих, дискретно меняющая свое положение в узкой горизонтальной щели экрана. Подвижным показателем служило острие карандаша, который испытуемый, следуя за меткой, перемещал вдоль щели правой рукой. Острие карандаша служило одновременно писчиком. Установив карандаш в щели на метке, испытуемый должен был быстро и точно совмещать его с меткой. Амплитуды смещения метки были 5; 10; 20; 40; 80; 160 и 320 *мм*.

Среди основных форм кривых механограмм двигательных реакций при выполнении операций дискретного совмещения выделяются: 1) колебательная с перерегулированием; 2) колебательная с недорегулированием; 3) плавная кривая, приближающаяся к кривой переходного процесса апериодического звена второго порядка (САР). Анализ экспериментальных данных показывает, что в первом и во втором случаях время регулирования, т. е. время, в течение которого происходит отработка рассогласования, складывается, как минимум, из следующих основ-

ных компонентов: а) времени запаздывания, т. е. времени от момента изменения положения метки и до начала движения руки; б) длительности движения перемещения (рабочего движения); в течение этого времени подвижный указатель (стрелка и др.) доставляется в район цели; в) времени (длительности) корректировочных движений.

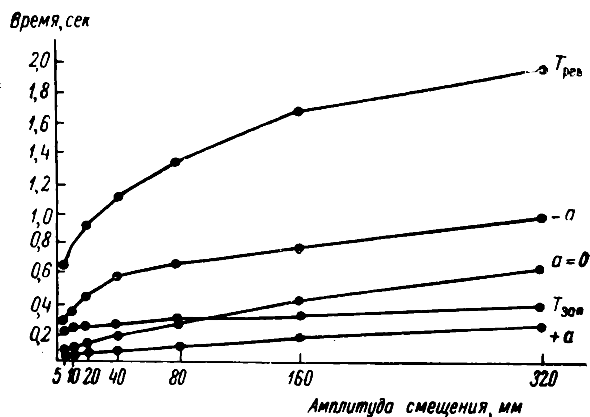
Кроме указанных выше компонентов, в процессе совмещения наблюдаются паузы перерегулирования и недорегулирования (длительностью 0,10—0,30 *сек*), которые встречаются, как правило, в начале слежения и у нетренированных испытуемых. Очевидно, что паузам принадлежат функции контроля и оценки результатов движения: в течение этого времени происходит визуальная оценка рассогласования и вносятся коррекции. По мере выполнения операций совмещения и тренировки паузы исчезают, движение руки становится непрерывным, но оно остается неравномерным по скорости (третья форма кривой переходных процессов). В данном случае смены знака рассогласования не происходит, паузы отсутствуют. Испытуемый, тормозя скорость движущейся руки, устанавливает указатель-карандаш на метке. Переходный процесс заканчивается включением механизма дифференцировочного торможения. Таким образом, если при перерегулировании и недорегулировании контроль и коррекции осуществляются в основном в моменты пауз и корректировочных движений, то в последнем случае эти функции осуществляются в ходе выполнения основного движения посредством торможения скорости движения руки. Происходит смена способов регуляции движения. Если в первом и во втором случае регуляция движений руки осуществляется в основном по ее положению, то в последнем — по ее скорости.

Эксперименты показывают, что движения руки даже в простом случае носят сложный, фазовый характер. В данном случае время регулирования складывается из следующих компонентов: 1) времени запаздывания реакции $T_{зап}$; 2) фазы положительного ускорения ($+a$); 3) фазы относительно равномерной скорости ($a=0$); 4) фазы отрицательного ускорения-торможения ($-a$). Функциональный смысл указанных фаз движения, видимо, состоит в следующем: из-за запаздывания реакции испытуемого возникает рассогласование—пространственная разность положений указателя и метки, воспринимаемая визуально. Очевидно, что скорость движения руки должна быть соразмерной с величиной рассогласования: чем больше рассогласование, тем большей должна быть скорость движения руки, и наоборот. Вероятно, уже к началу движения руки на основе визуальной оценки происходит первоначальная настройка на некоторую оптимальную скорость движения. К концу фазы положительного ускорения производится набор скорости. Третья фаза — сохранение выбранной скорости, выбранного режима движения. В конце фазы равномерной скорости включается механизм тор-

можения — скорость руки тормозится, падая до нуля к моменту нахождения указателя на метке.

Перейдем к динамике изменения основных компонентов во времени в зависимости от амплитуды смещения входного сигнала, а следовательно, и от амплитуды выполняемого движения.

*Время запаздывания.* Эксперименты показали, что запаздывание реакции на изменение положения метки (при интервале между движениями 10 *сек*) не зависит от амплитуды смещения входного сигнала. Оно относительно константно и составляет 0,20 *сек*.




Увеличение длительности основных компонент времени регулирования ($T_{рег}$) в зависимости от амплитуды смещения входного сигнала.

*Фаза положительного ускорения.* При малых амплитудах смещения (5—20 *мм*) длительность фазы положительного ускорения колеблется около 0,10—0,11 *сек*. Однако с увеличением амплитуды до 320 *мм* ее длительность увеличивается до 0,15 *сек*. С увеличением амплитуды движения расстояние, которое проходит рука, набирая скорость, увеличивается от 2—3 до 25 *мм*. Наиболее динамичными, т. е. зависящими от амплитуды выполняемого движения, являются фазы относительно равномерной скорости и отрицательного ускорения (торможения).

*Фаза относительно равномерной скорости.* Начинается через 0,10—0,15 *сек* после начала движения руки и через 0,30—0,35 *сек* от момента возникновения рассогласования. Следует отметить, что при амплитуде 5 *мм* фаза равномерной скорости отчетливо не проявляется, т. е. положительное ускорение непосредственно переходит в отрицательное. С увеличением амплитуды смещения от 20 до 320 *мм* длительность фазы равномерной

скорости увеличивается от 0,10 до 0,45 *сек* (см. рисунок). Средняя скорость перемещения руки с увеличением амплитуды движения увеличивается от 2—2,5 до 57—60 *см/сек*. Графически зависимость увеличения средней скорости руки от амплитуды смещения входного сигнала не является линейной и носит более сложный характер. С увеличением амплитуды смещения до 160—320 *мм* расстояние, которое проходит рука в течение фазы равномерной скорости, т. е. за 0,33—0,45 *сек*, равно 135—250 *мм* и составляет 75—80% от амплитуды смещения.

*Фаза отрицательного ускорения*. По мере увеличения амплитуды движения ее длительность увеличивается от 0,22 до 0,70 *сек*. Наиболее резкое ее увеличение происходит в диапазоне амплитуд 5—40 *мм* (рисунок). Следует думать, что основным фактором, обусловливающим увеличение фазы торможения, является увеличение скорости перемещения руки — для того чтобы «погасить» до нуля более высокую скорость, требуется и большее время. Так, при минимальной скорости руки 2,5—3 *см/сек* (амплитуда 5 *мм*) длительность фазы торможения составляет 0,22 *сек*. Однако с увеличением скорости до 57—60 *см/сек* она увеличивается до 0,70 *сек*. С увеличением амплитуды увеличивается и расстояние, которое рука проходит, гася до нуля скорость своего перемещения. По мере возрастания амплитуды от 5 до 320 *мм* это расстояние увеличивается от 2—2,5 до 40 *мм*.

По своей длительности фаза торможения значительно больше фазы положительного ускорения. При этом различия увеличиваются с возрастанием амплитуды движения. Так, если при амплитуде 5 *мм* фаза торможения больше фазы положительного ускорения лишь в 2 раза, то при амплитуде 320 *мм* она больше в 4,7 раза. При общем времени регулирования, принятом за 1, на долю фазы торможения приходится около 0,45 времени, в то время как на долю остальных компонентов — лишь 0,55.

С возрастанием амплитуды смещения входного сигнала от 5 до 320 *мм* время регулирования увеличивается от 0,50 до 1,50 *сек*, т. е. с увеличением амплитуды в 64 раза оно увеличивается лишь в 3 раза. Аналитически зависимость увеличения времени регулирования от амплитуды смещения входного сигнала может быть описана формулой

$$T_{\text{рег}} = 0,5[c(1 - e^{-ax}) + вx],$$

где $T_{\text{рег}}$ — время регулирования, *сек*; $x$ — амплитуда смещения, *мм*; $c$, $a$ и $в$ — коэффициенты.

Образ выполняемого движения уточняется на основе соизмерения визуальных и кинестетических сигналов, поступающих по контуру регулирования. С увеличением длительности выполняемого движения создаются условия для активного сенсорного контроля (как визуального, так и кинестетического) и внесения коррекций в ходе его выполнения. В процессе совмещения рука

непрерывно перемещается с достаточно высокой скоростью, приближаясь к заданной цели. С увеличением длительности движения активизируется в процессе регуляции внутренний контур регулирования, а это позволяет руке развить высокую управляемую по ходу движения скорость своего перемещения. Движения руки строятся с учетом ближайших во времени ее состояний, т. е. в процессе регуляции включается механизм перцептивной экстраполяции хода изменения во времени положений руки относительно цели. Особенно важно в процессе выполнения движения «уловить» момент включения механизма торможения, в противоположном случае неизбежно возникает или недорегулирование или перерегулирование.

Из анализа полученных данных следует, что для того, чтобы рука могла пройти расстояние до цели, остающееся к концу фазы равномерной скорости, т. е. к моменту включения механизма торможения, достаточно лишь 0,05—0,06 *сек* (амплитуды 80—320 *мм*). Если бы фаза равномерной скорости продолжалась в течение интервала времени, равного или несколько большего, чем 0,05—0,06 *сек,* то неизбежно возникло бы перерегулирование, указатель миновал бы цель. Активное взаимодействие внешнего и внутреннего контуров регулирования обеспечивает высокую точность экстраполяции скорости сближения указателя и цели, а следовательно, высокую точность и скорость выполнения операций дискретного совмещения. Высокий уровень регуляции позволяет руке развить значительную оптимальную в данных условиях скорость своего перемещения.

---

*В. П. Багрунов, В. М. Водлозеров*

## К ВОПРОСУ ОБ ОПТИМАЛЬНОМ ПЕРЕДАТОЧНОМ ОТНОШЕНИИ

Тщательное исследование влияния передаточной функции механизмов, связывающих органы управления с индикатором, на эффективность управляющих действий человека-оператора,— необходимое условие успешного решения проблемы оптимизации деятельности оператора, работающего в различных режимах, в том числе и в режиме слежения.

Существенным фактором, влияющим на эффективность управляющих действий, их точность и скорость, является передаточное отношение (число), выражающее отношение между величиной поворота (перемещения) того или иного органа управления и вызываемого им перемещения подвижного указателя (стрелки, визира и др.).

Анализ литературных данных показал, что вопрос об оптимальном передаточном отношении и механизмы его влияния на

эффективность управляющих движений изучены слабо. При этом основным источником, на который ссылаются авторы многих книг и справочников по инженерной психологии,[1] является работа, опубликованная в 1949 г. Дженкинсом и Коннором.[2] В ней представлены результаты экспериментального исследования влияния передаточного отношения на эффективность ручной настройки указателя на некоторой заданной отметке линейной шкалы. В качестве экспериментальной установки использовалось механическое устройство, позволяющее посредством шкивов разного диаметра и вращения органа управления (так называемой круглой ручки настройки) перемещать прямолинейно подвижный указатель вдоль линейной шкалы. В основных экспериментах была использована круглая ручка для настройки диаметром 3,25 дюйма (около 83 *мм*). Амплитуды перемещения указателя были 16 *мм* и 80 *мм*. Передаточные числа выражались отношением перемещения указателя (в дюймах) на один полный оборот ручки. Передаточные отношения менялись дискретно в диапазоне 6 — 850 *мм* на один полный оборот ручки. В опытах участвовало от 2 до 5 человек.

По данным Дженкинса и Коннора, диапазон оптимальных передаточных отношений составляет 1—2 дюйма (25—50 *мм*) на один полный оборот ручки. Согласно авторам, указанный диапазон передаточных отношений удобен (комфортен) для всех без исключения испытуемых, хотя у более опытных операторов его пределы несколько шире, чем у неопытных.

Следует особо отметить, что данные об оптимальном передаточном отношении получены при выполнении *отдельной* операции по настройке указателя (с амплитудой его перемещения 16 и 80 *мм*) на некоторой отметке шкалы с помощью вращения (в основном пальцами руки) ручки настройки (типа круглых ручек, используемых в радиоприемниках и др.), причем настройка осуществлялась с точностью до 0,1 *мм*. Между тем во многих последующих работах и справочниках по инженерной психологии их авторы, ссылаясь на Дженкинса и Коннора, за редким исключением не учитывают конкретных условий, в которых эти данные получены, и, рекомендуя их, ограничиваются лишь констатацией факта. При этом у читателя, естественно, создается впечатление, что рекомендованные авторами справочников данные являются абсолютными, т. е. пригодными для всех типов органов управления и условий деятельности человека-оператора.

---

[1] См., например: A. Chapanis, W. R. Garner, C. T. Morgan. Applied Experimental Psychology. Human Factors in Engineering Design. N. Y.— London, 1961; С. С. Стивенс. Экспериментальная психология, т. II, М., ИЛ, 1963; Б. В. Ломов. Человек и техника. Изд. «Советское радио», 1966; У. Вудсон, Д. Коновер. Справочник по инженерной психологии для инженеров-конструкторов. Перевод с англ. М., 1968, и др.

[2] W. L. Jenkins and M. B. Connor. Some Design Factors in Making Settings on Linear Scale. J. App. Psychol., 1949, 33.

Наши исследования показали, что данные Дженкинса и Коннора, вполне справедливые для тех условий (относительно малых амплитуд перемещения указателя-стрелки), в которых они получены, представляют собой лишь *частный* случай оптимальных передаточных отношений.

Исходя из особенностей регуляции движений и действий, а также условий деятельности человека-оператора, естественно предположить, что диапазон оптимальных передаточных отношений зависит (как минимум) от следующих факторов: 1) параметров входного сигнала (его амплитуды, скорости, ускорения); 2) уровня точности регулируемого процесса (объекта); 3) типа органа управления. Повышение уровня точности настройки-совмещения увеличивает время регулирования в основном за счет увеличения времени окончательной настройки (корректировочных движений). Диапазон оптимальных передаточных отношений во многом зависит от типа органа управления, рассчитанного на тот или иной характер движения (поступательное, вращательное и др.), а также от того, приводится ли этот орган в движение пальцами (в основном), кистью и т. п. Так, движения пальцев обеспечивают более высокую точность регуляции (при меньшей скорости), чем вращательное движение маховиком, осуществляемое в основном движением кисти руки и предплечья (при большей скорости).

В наших экспериментах исследовалось влияние передаточного отношения на эффективность управляющих действий человека-оператора по выполнению операций как дискретного, так и непрерывного совмещения (слежения) при различных параметрах входных сигналов. В экспериментах в общих чертах моделировалась деятельность человека-оператора, работающего в режиме преследующего слежения (система нулевого порядка). Органом управления служил маховик диаметром около 100 *мм*, приводимый в движение правой (ведущей) рукой. Использовались следующие передаточные отношения: 6; 12; 25; 50; 100; 200; 400 и 800 *мм* на один полный оборот маховика. Это означает, что за один полный оборот маховика указатель перемещался на расстояние от 60 до 800 *мм*.

В опытах было использовано механическое устройство, позволяющее посредством двух многоступенчатых шкивов и вращения маховика перемещать прямолинейно подвижный указатель — остро отточенный карандаш, вставленный в тонкую трубку. Когда маховик приводился в движение, указатель начинал перемещаться вдоль горизонтальной прорези (размером 1,5×400 *мм*), в которой через определенный интервал времени появлялся входной сигнал — темный штрих-метка. Острие карандаша с помощью пружины прижималось к движущейся бумажной ленте из миллиметровой бумаги, на которой была вычерчена черной тушью программа перемещения входного сигнала-метки. Так как указатель служил одновременно писчиком, тра-

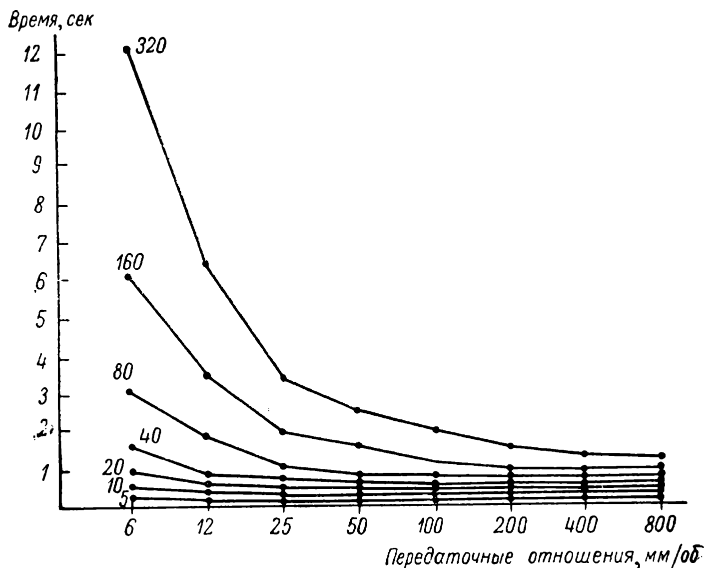



Рис. 1. Динамика изменения длительности движения перемещения (в *сек*) в зависимости от передаточного отношения и при различной амплитуде смещения входного сигнала.

5; 10; 20; 40; 80; 160 и 320 — амплитуда, *мм.*

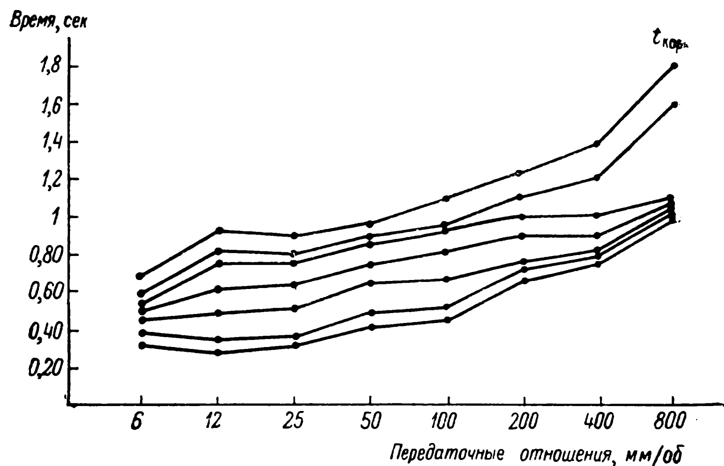



Рис. 2. Увеличение длительности корректировочного компонента в зависимости от увеличения передаточного отношения.

Обозначения те же, что на рис. 1.

ектория его перемещения регистрировалась на движущейся ленте поверх программы. Благодаря этому достигалась возможность количественного анализа двигательных реакций испытуемого. Измерения реакций проводились с точностью до 0,5 *мм*. В опытах приняло участие 5 человек, имеющих значительный опыт работы по настройке приборов. В первой серии опытов исследовались реакции дискретного совмещения, во второй — непрерывного.

**Результаты первой серии опытов.** В первой серии экспериментов был использован нерегулярный ступенчатый входной сигнал с амплитудами смещения 5; 10; 20; 40; 50; 160 и 320 *мм*. Интервалы времени, через которые происходило очередное дискретное смещение входного сигнала, были нерегулярными — их длительность колебалась в диапазоне 3—20 *сек*. Задача испытуемого состояла в том, чтобы, вращая маховик, быстро и точно совмещать указатель с сигналом-меткой, дискретно меняющей свое пространственное положение.

Анализ полученных данных показал, что даже в простом случае управляющее движение руки является сложным и носит фазовый характер. Время регулирования, характеризующее быстродействие системы, складывается из: 1) времени запаздывания, т. е. времени от момента смещения входного сигнала и до начала движения руки; 2) длительности движения перемещения (рабочего движения), в течение этого времени указатель перемещается в район цели; 3) корректировочных (коррегирующих) движений, с помощью которых указатель устанавливается на заданной отметке. Нам удалось выявить зависимость времени регулирования и его компонент не только от передаточного отношения, но и от амплитуды смещения входного сигнала, а следовательно, и от амплитуды перемещения указателя. Динамика изменения длительности времени регулирования и его основных компонент в зависимости от передаточного отношения при амплитуде 5—320 *мм* показана на рис. 1 и 2. Однако при всей противоречивой изменчивости длительностей основных компонент времени регулирования выявлены условия, при которых длительность движений перемещения приблизительно равна длительности коррегирующих движений и пауз, а именно: $\frac{t_{\text{раб дв.}}}{t_{\text{корр. дв.}}}$ становится приблизительно равным 1 в том случае, когда отношение $\frac{\text{амплитуда сигнала, } мм}{\text{передаточное число, } мм/об}$ близко к 1 ($\pm 0{,}3$), т. е. $\frac{t_{\text{раб. дв.}}}{t_{\text{корр. дв.}}} \approx$ $\approx \frac{\text{ампл. сигнала, } мм}{\text{передат. число, } мм/об}$ или одному обороту маховика.

В указанных пределах (при амплитудах смещения входного сигнала 5—320 *мм*) длительность обеих компонент движения становится относительно одинаковой и равной 0,30—1,3 *сек*. По мере увеличения указанного соотношения длительность движения перемещения увеличивается тем больше, чем больше величина

соотношения. С уменьшением соотношения возрастает соответственно длительность регулировки, причем тем больше, чем меньше величина указанного соотношения.

В обоих случаях, когда $\frac{\text{амплитуда сигнала, } мм}{\text{передат. число, } мм/об} > 1$ и $< 1$, время регулирования увеличивается, т. е. скорость регуляции снижается (при уровне точности настройки-совмещения 0,5 *мм*).

Противоречивый характер влияния передаточного отношения на процесс регуляции состоит в том, что с его уменьшением (при прочих равных условиях) скорость указателя уменьшается,

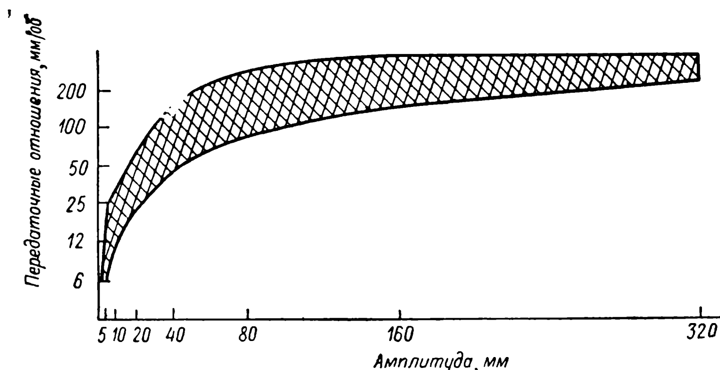



Рис. 3. Динамика изменения нижней и верхней границ диапазона, в пределах которого время регулирования близко к минимальному.

а с увеличением — увеличивается. Преодоление значений передаточного отношения (числа) достигается в первом случае увеличением скорости вращения органа управления, а во втором — ее уменьшением. С увеличением передаточного отношения расстояние (путь), проходимое рукой (точнее ее пальцами), резко уменьшается.

Средняя скорость руки также уменьшается от 1250 до 1,5 *мм/сек*. С увеличением скорости руки до 500 *мм/сек* и более время регулирования существенно возрастает за счет увеличения длительности движения перемещения, а с уменьшением ее от 100 до 1,5—2 *мм/сек* оно увеличивается за счет увеличения длительности корректировочных движений и пауз. При скорости 200—300 *мм/сек* время регулирования близко к минимальному. С увеличением передаточного отношения движение руки замедляется и при значительных передаточных отношениях оно становится дискретным. В данных условиях процесс *соизмерения* визуальных и кинестетических сигналов, поступающих по контуру регулирования, становится крайне затруднительным. Вследствие этого возникает значительное количество пауз (пе-

регулирования), переходный процесс становится колебательным.

На рис. 3 показана динамика изменения диапазона, в пределах которого время регулирования близко к минимальному. С увеличением амплитуды перемещения указателя и передаточного отношения (по мере приближения к нижней кривой) уменьшение времени регулирования идет в основном за счет уменьшения длительности движения перемещения. В данных условиях отношение $\frac{t_{\text{раб. дв.}}}{t_{\text{корр. дв.}}}$ близко к единице (однако длительность обоих компонент увеличивается от 0,30 до 1,3 *сек* с увеличением амплитуды от 5 до 320 *мм*). В пределах заштрихованного участка (рис. 3) длительность времени регулирования близка к минимальной. Однако по мере удаления от нижней кривой и приближения к верхней соотношение $\frac{t_{\text{раб. дв.}}}{t_{\text{корр. дв.}}}$ постепенно или резко (малые амплитуды) уменьшается, т. е. баланс их длительностей вновь нарушается — длительность корректировочных движений становится значительно больше длительности движения перемещения. Происходит резкое увеличение количества и длительности пауз, т. е. движение становится дискретным, а точность и скорость регуляции снижаются. Управляющее движение становится менее плавным. Регуляция движения в данных условиях протекает в основном по внешнему контуру (глаз — рука) регулирования. Вследствие смены способов регулирования резко возрастает нагрузка на зрение — непрерывный визуальный контроль, внесение значительных коррекций. В конечном счете происходит увеличение времени регулирования.

Особенно резкое нарушение хода регуляции наблюдается при значительных передаточных отношениях 400—800 *мм/об*. По мере увеличения отношения $\frac{\text{амплитуда, } мм}{\text{перед. число, } мм/об}$ возрастает мышечная нагрузка (моторный компонент сенсомоторной координации), а по мере его уменьшения — нагрузка на зрение (сенсорный компонент координации).

Общее правило выбора передаточного отношения состоит в том, что при увеличении передаточного числа мы выигрываем во времени перемещения, т. е. в уменьшении длительности движения, посредством которого указатель (стрелка) перемещается в район заданной цели (отметки). Однако одновременно мы проигрываем в том, что время окончательной настройки (регулировки) увеличивается. При этом следует учитывать, что с повышением уровня точности время регулирования увеличивается именно за счет увеличения времени корректировочного компонента. По данным Дженкинса и Коннора, повышение уровня точности настройки (с помощью круглой ручки) от 0,5 до 0,3 *мм* не вызывает заметного увеличения времени регулирования. Однако оно увеличивается (даже при диапазоне оптимальных пе-

редаточных отношений) в 2—2,5 раза с повышением точности настройки от 0,30 до 0,10—0,07 *мм*. Таким образом, длительность корректировочного компонента тем больше, чем выше точность регулируемого объекта (процесса) и чем больше передаточное отношение (число). При уровне точности до 0,5 *мм* близким к оптимальному является вариант, при котором отношение $\frac{\text{Амплитуда (перемещение указателя-стрелки, } мм}{\text{Передаточное число, } мм/об} \approx 1$. В данных условиях длительность обеих компонент времени регулирования близка к минимальной.

**Результаты второй серии опытов.** В экспериментах по непрерывному совмещению (слежению) скорости перемещения входного сигнала составляли 2; 4; 8; 16 и 32 *мм/сек*. В течение каждых 20 *сек* слежения скорость сигнала оставалась постоянной. Однако направление ее перемещения регулярно изменялось. В течение первых 10 *сек* сигнал перемещался в направлении слева направо, а в течение последующих 10 *сек* — справа налево. Через каждые 20 *сек* (в течение 100 *сек*) скорость перемещения сигнала дискретно увеличивалась от 2 до 32 *мм/сек*. В последующие 100 *сек* она уменьшалась от 32 до 2 *мм/сек* и т. д., всего было проведено 10 циклов по 100 *сек* каждый.

При непрерывном слежении для оценки эффективности выполнения операций совмещения при различных передаточном отношении и скорости перемещения входного сигнала были использованы следующие показатели.

1. Время запаздывания (инерции), характеризующее инерционность системы, т. е. время от момента изменения направления перемещения входного сигнала и до момента изменения направления перемещения указателя.

2. Время регулирования, т. е. время, характеризующее длительность переходного режима работы, быстродействие системы.

3. Ошибка рассогласования (динамическая и установившаяся), выраженная в миллиметрах, и относительная ошибка, выраженная в секундах, характеризующие устойчивость системы.

4. Относительное время нахождения на цели.

5. Количество и длительность «выбросов», т. е. резких перерегулирований и недорегулирований, возникающих внезапно в установившемся режиме и нарушающих плавность процесса слежения (регуляции).

6. Количество и длительность пауз, характеризующих дискретность регуляции, а также позволяющих выявить условия, при которых процесс слежения (координации) становится затрудненным.

Влияние передаточного отношения на эффективность действий человека-оператора оценивалось в зависимости от динамики изменения приведенных выше показателей.

Анализ данных, полученных в экспериментах, показал, что эффективность выполнения операций непрерывного совмещения указателя с входным сигналом, перемещающимся с некоторой скоростью, в значительной мере определяется отношением $\frac{\text{скорость вх. сигнала, } мм/сек}{\text{передаточное число, } мм/об} = об/сек.$

При значительной величине указанного соотношения 2—2,5 *об/сек* и более эффективность слежения снижается в основном за счет значительного отставания указателя от входного сигнала. С его уменьшением до 0,3—0,20 *об/сек,* т. е. с уменьшением скорости руки, процесс слежения становится дискретным. Высокая эффективность слежения сохраняется при величине указанного соотношения, приближающейся к единице — 1 *об/сек* ($1 \pm 0{,}3$), т. е. в диапазоне 0,7—1,3 *об/сек* (при диаметре маховика около 100 *мм*). В данных условиях время инерции, время регулирования, величина установившейся ошибки — наименьшие, а время нахождения на цели — наибольшее.

Преодоление значений передаточного отношения при непрерывном совмещении, как и при дискретном, достигается в первом случае (число оборотов в секунду $>1$) резким увеличением скорости руки, во втором (число оборотов в секунду $<1$) снижением скорости руки до минимума. С увеличением скорости руки до 5 *об/сек* и более возникает отказ в работе — несмотря на высокую скорость, развиваемую рукой, рассогласование (отставание указателя от сигнала) увеличивается. При скорости руки 600—800 *мм/сек* ($V$ руки $= N$ *об/сек* $2\pi R$) указатель начинает значительно отставать от входного сигнала, а при скорости (средней) руки 1400—1600 *мм/сек* испытуемые не в состоянии свести к минимуму отставание указателя (отказ), возникающее из-за запаздывания реакции (времени инерции). Диапазон скоростей руки, близкий к оптимальному, при непрерывном слежении составляет 200—400 *мм/сек.* При этом важное значение имеет величина соотношения скорости руки, вращающей маховик, и скорости перемещения указателя (зависящей от передаточного числа), т. е. $\frac{\text{скорость руки, } мм/сек}{\text{скорость указателя, } мм/сек}$. Высокая эффективность управляющих движений сохраняется в том случае, когда величина указанного соотношения равна 50—10, т. е. в том случае, когда скорость руки в 50—12 раз превышает скорость перемещения указателя. Однако с уменьшением указанного соотношения при значениях меньших 10 (при прочих равных условиях, т. е. при отношении $\frac{\text{скорость вх. сигнала, } мм/сек}{\text{передаточное число, } мм/об} \approx 1$) эффективность слежения снижается, движение руки становится все более дискретным, появляется значительное количество «выбросов», рез-

ких движений, нарушающих плавность слежения. Кстати сказать, количество таких движений резко увеличивается с увеличением передаточного отношения. С увеличением скорости руки ее движение становится более плавным и точным. Изменение характера движений руки обусловлено перестройкой механизма их регуляции. С повышением скорости руки роль внутреннего контура возрастает. Условиями активного включения в процесс регуляции внутреннего контура являются: 1) нахождение «чувственной» меры движения, т. е. своего рода передаточного числа, характеризующего величину соотношения визуальных и кинестетических сигналов, и 2) экстраполяция состояний входного сигнала. За внешним контуром регулирования в данных условиях остается функция активного контроля. Однако функциональное соотношение обоих контуров регулирования является динамичным: внешний контур активно включается в процесс регуляции всякий раз, как только рассогласование, вызванное изменением условий, как внешних, так и внутренних, достигает значительной величины или меняет свой знак на противоположный. При этом, как правило, возникает существенное запаздывание реакции (инерции), поскольку время протекания информации по внешнему контуру значительно больше, чем по внутреннему, и составляет 0,10—0,20 *сек.*

---

*А. З. Гафаров, Е. Н. Сурков, Г. В. Суходольский*

## ОСОБЕННОСТИ ЗРИТЕЛЬНО-МОТОРНОЙ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ

Проблема экстраполяции каких-либо явлений или процессов, протекающих во времени и пространстве, является многоплановой. В частности, важное практическое значение имеет вопрос о точности зрительно-моторной экстраполяции «точки встречи» движущихся объектов, траектории которых изображаются на плоскости, в связи с чем нами было начато исследование этого вопроса.

В качестве первой модели была выбрана экстраполяция вертикального отрезка прямой линии до пересечения («точка встречи») с горизонталью. Переменными были расстояние от конца отрезка до горизонтальной линии и длина вертикального отрезка. Расстояние могло быть 10, 40, 80, 100, 120 и 160 *мм,* а длина вертикального отрезка 2, 12, 32, 60 и 90 *мм.* Горизонтальная линия и вертикальный отрезок были взаимно перпендикулярны, толщина линий 0,5 *мм,* цвет черный.

Текст-объект представлял собой обычный лист белой бумаги размером 210×300 *мм*, на котором были нанесены линии. Лист имел форму эллипса с тем, чтобы не дать возможности испытуемому ориентироваться на прямые края листа и чтобы задача не сводилась к простому делению горизонтальной линии на пропорциональные части. Из этих же соображений вертикальный отрезок прямой располагался не по центру горизонтальной линии.

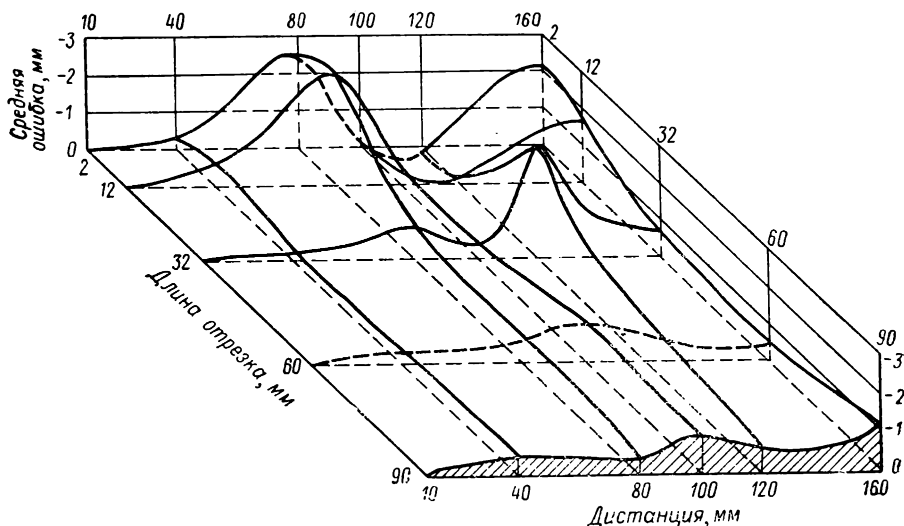



Рис. 1. Зависимость ошибки экстраполяции отрезка прямой от его длины и дистанции.

Тест-объект располагали на столе перед испытуемым так, чтобы вертикальный отрезок совпадал с сагиттальной плоскостью испытуемого. Испытуемый должен был, мысленно продолжая вертикальный отрезок до пересечения с горизонтальной линией, как можно точнее карандашом указать предполагаемую точку их пересечения. Положение испытуемого при выполнении задачи было нормальным положением за столом при письме. В инструкции испытуемому также говорилось и о том, что руку с карандашом, т. е. рабочую руку, можно подводить к горизонтальной линии только после того, как предполагаемая точка пересечения уже была выбрана, т. е. ориентировочные движения над отрезком вертикальной прямой и горизонтальной линией производить запрещалось.

Точность экстраполяции характеризуется ошибками, которые могут иметь левое и правое отклонения от истинной точки

пересечения. Ошибка экстраполяции определялась нахождением истинной точки пересечения.

Весь эксперимент состоял из пяти серий опытов, каждая из которых имела свои особенности. В связи с этим результаты каждой из серий опытов целесообразно рассмотреть в отдельности. В данной работе мы излагаем результаты первых трех серий. В опытах приняли участие взрослые испытуемые с нор-

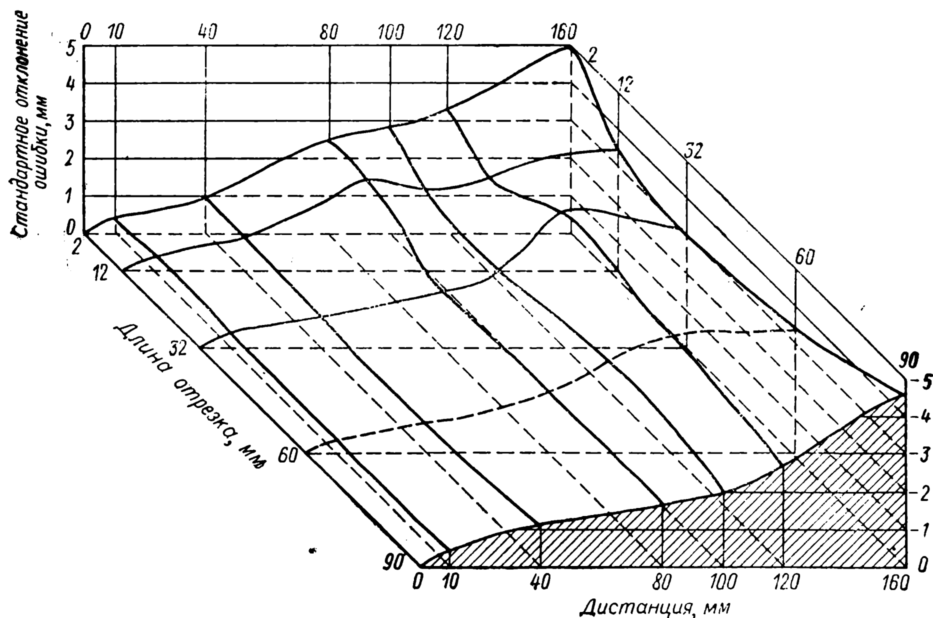



Рис. 2. Зависимость стандартного отклонения ошибки экстраполяции отрезка прямой от его длины и дистанции.

мальным зрением. Всего 150 человек: 75 женщин и 75 мужчин в возрасте от 20 до 30 лет.

В первой серии опытов испытуемые имели возможность зрительно оценивать предполагаемую точку пересечения вертикального отрезка с горизонтальной линией. Каждый испытуемый выполнял задачу дважды, в разные дни: один раз правой рукой, другой раз левой. На каждое предъявление было получено по 100 замеров.

По результатам первой серии опытов было установлено, что при действиях правой рукой: 1) средняя ошибка экстраполяции нелинейно увеличивается с увеличением расстояния (дистанции) от конца вертикального отрезка до горизонтальной линии

(рис. 1); 2) средняя ошибка экстраполяции нелинейно уменьшается с увеличением длины вертикального отрезка (рис. 1). 3) Стандартное отклонение ошибок экстраполяции при увеличении длины вертикального отрезка сначала убывает, а затем возрастает до исходного уровня. При увеличении расстояния стандартное отклонение ошибок экстраполяции (в первом приближении) линейно возрастает (рис. 2).

По результатам первой серии опытов обнаружены факты, свидетельствующие о том, что при действии правой рукой средняя ошибка направлена влево от истинной точки пересечения (ошибка отрицательна), а при действии левой — вправо (ошибка положительна). Видимо, это можно объяснить тем, что напряженная сторона тела (для случая действия правой рукой — правая сторона, и наоборот) в силу внутренних шумов и повышенного тонуса способствует отклонению ошибки в противоположную сторону.[1] Правда, по количественным данным для левой руки отклонение ошибки в правую сторону выражено менее отчетливо, чем отклонение ошибки в левую сторону для правой руки. Для уточнения данных нами были проведены дополнительные эксперименты по экстраполяции вертикального отрезка длиной 60 *мм* по всем дистанциям. Результаты первой серии опытов подтвердились.

Целью экспериментов второй серии было проверить, имеет ли место отклонение ошибки в противоположную от работающей руки сторону при выполнении задания с закрытыми глазами.

Методика проведения опытов второй серии отличалась от методики первой серии только тем, что испытуемому показывался тест-объект на 2 *сек*, после чего ему закрывали глаза. Если испытуемый должен был выполнять задачу правой рукой, то указательный палец его левой руки экспериментатор ставил на левый конец горизонтальной линии, а кончик карандаша, находящегося в правой руке,— на вертикальный отрезок. Испытуемый должен был отводить карандаш от листа, и на уровне расположения указательного пальца левой руки сделать карандашом отметку на предполагаемой точке пересечения. При выполнении задачи левой рукой картина менялась в обратном порядке. Результаты обработки данных, полученных в этой серии опытов, приведены в таблице.

Коэффициент сопряженности в опытах II серии был равен 0,71, что убедительно подтверждает тот феномен, который был обнаружен нами по результатам первой серии опытов.

Выдвинутая нами гипотеза о возрастании величины ошибки экстраполяции в случае выполнения задачи с закрытыми глаза-

---

[1] См.: Ф. Кликс. Проблемы психофизики восприятия пространства. М., 1965.

ми была подтверждена результатами второй серии опытов. Результаты, полученные в этой серии опытов, натолкнули нас на мысль провести еще одну серию. Теперь интересно было выяснить, как изменится величина ошибки, если работает лишь зрение, а рука — нет.

В третьей серии опытов задача испытуемого заключалась в том, чтобы он, сидя за столом и свободно опустив обе руки, только зрительно оценивал точку пересечения вертикального отрезка с горизонтальной линией, сопоставляя ее местоположение с теми положениями кончика карандаша на горизонтальной линии, которые ему указывал экспериментатор. В случае совпадения положения кончика карандаша с выбранной испытуемым

**Точность экстраполирования левой и правой рукой (по данным II серии опытов)**

| Отклонение от истинной точки пересечения | Экстраполирование | | Σ |
|---|---|---|---|
| | левой рукой | правой рукой | |
| Влево . . . . . . . . . | 12 | 84 | 96 |
| Вправо . . . . . . . . | 91 | 18 | 109 |
| Σ . . . . . . . . . . . | 103 | 102 | 205 |

точкой пересечения он говорил «да», и экспериментатор отмечал эту точку на горизонтальной линии. Таким образом, мы исключили работу руки, а значит, ту часть погрешности экстраполяции, которая вносилась, на наш взгляд, за счет повышенного тонуса работающей половины тела испытуемого.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что действительно, в случае, когда работали зрение и рука совместно, зрение как бы минимизирует общую ошибку экстраполяции. Величина ошибки экстраполяции в третьей серии значительно меньше, чем в первой, и тем более — во второй. Количество же точных попаданий по сравнению с предыдущими сериями значительно больше.

Интересно отметить, что оценки вероятностей точной и ошибочной экстраполяции одинаковы. При этом отклонения вправо и влево от «истинной» точки встречи равновероятны. Таким образом, полученные результаты убедительно подтверждают наше предположение о влиянии на направление ошибки экстраполяции повышенного тонуса работающей части тела и о величине ошибки экстраполяции в зависимости от того, работают ли только рука, только глаза или руки и глаза одновременно.

*В. В. Лоскутов*

## НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ ПСИХИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Изучение деятельности живых систем, и в частности человека, показывает, что процесс восприятия последнего характеризуется тем, что входные воздействия, на которые ориентированы его поведенческие реакции, подвергаются определенной переработке по интегративным эвристическим программам. Эти программы (или некоторые из них) зависят не только от распределения входных сигналов во времени и их геометрической структуры, но и от более общих свойств, т. е. от переменных, связанных с самим процессом познания.

Одной из задач, входящих в состав исследования проблемы распознавания образов, является изучение закономерностей построения геометрии психического изображения, его временной и пространственной динамики.

Психическое изображение как целостный предметный образ есть метрический инвариант, обладающий свойством конгруэнтности своему объекту-прообразу. Эта конгруэнтность означает, что при наложении пространственно-временные свойства образа и воспринимаемого объекта совпадают (перцептивный образ копирует структуру объекта — прообраза). Геометрия метрически-инвариантного изображения, следовательно, не формируется путем соотнесения отдельного элемента изображения с отдельным элементом субстрата (метрика объекта не совпадает с метрикой поля фоторецептов или с корковой проекцией рецепторной поверхности), поэтому, вообще говоря, не является строго статически пространственной.[1]

Процесс структурирования исходных элементов изображения основан на закономерностях последовательнопараллельной обработки и передачи входной информации рецептором динамической координатной системы, в которой различные элементы выполняют разные функции: одни осуществляют «развертку контура», другие симультанируют (или фиксируют) «точки отсчета» по целостному признаку как неразлагаемой единице. Геометрия перцептивного образа, таким образом, должна быть функциональной, пространственно-временной геометрией или, по терминологии Е. Олпорта, «кинематической», что по существу тождественно понятию «переместительной конгруэнтности».[2] «Гештальтный» характер перцептивного метрически-инвариантного образа, как показывают исследования восприятия стимулов, изменяющихся в пространстве и во времени, действительно

[1] Н. А. Бернштейн. Физиология активности. «Вопросы философии», 1961, № 6.

[2] С. Д. Платт. Функциональная геометрия и восприятие формы мозаичными рецепторами. В сб.: Теория информации в биологии. М., ИЛ, 1960.

выводится из определенной пространственно-временной организации процесса развертки, который формирует макроскопическую непрерывность изображения.[3]

Макроскопическая непрерывность связана с такой эмпирической характеристикой образа, как функциональная целостность — свойством сигнала-изображения, выражающим процесс наложения связей (ограничений) на элементы некоторого множества. Синтез таких элементов в целостный сигнал-изображение создается четырехмерной непрерывностью их (элементов) пространственно-временной организации, что, разумеется, исключает простой способ формально-геометрического суммирования элементов в перцептивную структуру. Стало быть, функциональная целостность должна формироваться в том случае, если одному и тому же элементу субстрата рецепторной системы, изменяющей свое состояние во времени, сопоставлено непрерывное множество элементов, лежащих на линии развертки. Задача настоящего исследования состояла в том, чтобы проверить эту гипотезу в эксперименте.

Процесс развертки на некоторой функционально выделенной части мозаичного рецептивного поля анализатора (фовеа- или парафовеальная зона) при завершении цикла развертки за некоторый интервал времени, в который еще сохраняется состояние раздражения от первого элемента ряда, изучался методом последовательного покадрового кинопредъявления отдельных элементов контура. В качестве тест-объектов использовались незнакомые контурные геометрические фигуры.

Стимул может считаться новым (незнакомым), если испытуемый ранее в опыте не встречался с ним, и в этом случае новизна есть изначально данное свойство стимула. Новым мы называем также тот стимул, который при сопоставлении его с определенным рядом «ожидаемых» стимулов не совпадает ни с одним из них.

Линия контура разбивалась на отдельные элементы. Элементом считался участок контура, на котором кривизна оставалась постоянной. Фигуры состояли или только из прямых отрезков ($\alpha$-стимулы), или из прямолинейных участков и дуг ($\beta$-стимулы). Точки разбиения лежали, таким образом, в сочленении двух прямолинейных участков и в сочленении прямолинейных участков с дугами. Фигуры, предъявлялись светлыми на темном фоне и имели угловые размеры 30′, 1°; 1,5°, т. е. они укладывались в фовеальную зону. Разные фигуры ($\alpha$- и $\beta$-стимулы) имели циклы проекции, равные 6 и 8 кадрам, или содержали в каждой фигуре разное количество элементов, равных между собой по линейной величине. Элементы по одному снимались на ог-

---

[3] См.: Л. М. Веккер. Восприятие и основы его моделирования. Л., 1964; M. Wertheimer. Untersuchungen über das Sehen von Bewegung. Zs. für Psychol., Bd, 61. 1912.

дельные кадры кинопленки, которая затем склеивалась в кольцо, что позволяло сколь угодно длительно экспонировать непрерывно повторяющиеся циклы.

Проекция осуществлялась универсальным кинопроектором УКТ-1, позволявшим постепенно изменять скорость от 10 до 100 кадров в секунду. В ходе эксперимента скорость проекции непрерывно регистрировалась на одном канале самописца, а на втором — записывались отметки о нажатии кнопок на пульте испытуемого. Кроме того, испытуемые давали вербальный отчет и делали зарисовки.

Если последовательно предъявлять испытуемому при малых скоростях пространственно разнесенные стимулы, то сохраняется восприятие их (α- и β-стимулов) как разделенных и следующих друг за другом (фаза сукцессивного восприятия). На достаточно больших скоростях возникает φ-феномен Вертгеймера (фаза стробоскопического движения), а на некоторой критической скорости последовательность воспринимается одновременно, т. е. таким образом, как если бы объект предъявлялся целиком (фаза симультанного восприятия). Однако если имеет место пассивное восприятие,[4] то на некоторой критической скорости проекции создается неупорядоченное наложение последующих элементов в контуре на предыдущие и, как следствие, нет целостно-связной структуры. Нарушение пространственных отношений между элементами объекта при сохранении временны́х дает только временну́ю непрерывность как эффект последействия сетчатки, но не дает непрерывности пространственной как одновременной и неизменной во времени *пространственной* организации.[5]

Становление функциональной целостности образа возможно в том случае, если есть движение сукцессивного ряда элементов по рецепторной поверхности. Другими словами, необходимо, чтобы поле фоторецепторов *воспринимало движение* последовательности с определенным соотношением пространственных и временны́х компонентов объекта. Тогда, как показывает эксперимент, на фазе сукцессивного восприятия испытуемые легко воспроизводят не только форму отдельных элементов, но и часть контура в виде незамкнутой ломаной линии. Нередко воспроизводится не только некоторая ломаная линия, а некоторый целостно-связный контур, но при этом, как правило, нет адекватного воспроизведения общей формы экспонируемых стимулов. Отмечая движение элементов и по мере увеличения скорости проекции их «умножение», испытуемые на фазе стробоскопического движения указывают форму движущегося объекта, если он содержит однородные (гомогенные) элементы, например, во

---

[4] Элементы, отснятые в центре кадра, последовательно накладываются на ограниченный участок относительно покоящегося рецептора.

[5] Г. Бартли. Психофизиология зрения. В сб.: Экспериментальная психология. Под ред. С. С. Стивенса, т. 2. М., ИЛ, 1963.

время перемещения отрезка прямой по траектории движения объекта. При дальнейшем увеличении скорости оформляются наиболее характерные участки контура («конструктивные точки отсчета»), а на фазе симультанного восприятия наблюдаются значительные перепады яркости, которые сменяются впечатлением «мерцания» одновременно видимых элементов. Временна́я динамика сменяется снятием эффекта «мерцания», и теперь восприятие ничем не отличается от восприятия при кинопроекции целых фигур.

В экспериментах измерялось время разовой проекции элементов данного контура.

Время, при котором возникает устойчивое впечатление одновременности элементов, обозначим как критическое время симультанирования (КВС); время, при котором возникает устойчивое впечатление немерцающей фигуры, назовем критическим временем снятия мерцания (КВМ). В табл. 1 приведены значения КВС и КВМ, характеризующие фазу одновременного восприятия всего контура и фазу снятия мерцания.

*Таблица 1*

**Продолжительность 3 и 4 фазы восприятия фигур различной сложности**

| Фазы восприятия | Продолжительность фаз, *м/сек*, при количестве элементов в фигуре | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 6 (ф. 1) | 6 (ф. 2) | 8 (ф. 1) | 8 (ф. 2) |
| 3 | 270 | 281 | 297 | 315 |
| 4 | 124 | 130 | 135 | 150 |

Время одного цикла развертки, необходимое для наступления обеих фаз, зависит от числа элементов в контуре, но не зависит от скорости экспонирования элементов, поскольку это время не может изменяться в прямой зависимости от числа элементов.

Переход к фазам зависит от длительности цикла развертки $T_ц$, а эффект симультанирования связан прежде всего с инерционными свойствами зрительной системы.[6]

Сравнение средних значений КВС и КВМ по $t$-критерию Стьюдента показывает, что с увеличением $T_ц$ значимо увеличивается пороговый интервал симультанирования. В основе изменения критического времени симультанирования при изменении $T_ц$, очевидно, лежит изменение энергетического уровня воздействия, поскольку само время инерции $\tau$ является функцией яркости $B$.

---

[6] А. В. Луизов. Инерция зрения. М., 1961.

При изменении скорости проекции изменяется время действия яркости $t_B$

$$t_B = \frac{1}{V}. \tag{1.1}$$

Допустим, что действующей яркости $B$ соответствует некоторая пропорциональная величина ощущения яркости. Назовем ее эффективной яркостью $S$. Тогда

$$S = \alpha \cdot B, \tag{1.2}$$

где $\alpha$ — коэффициент пропорциональности. Отношение (1.2) устанавливается спустя некоторое время после начала действия яркости $B$:

$$\Delta S = \alpha \cdot B \cdot \Delta t. \tag{1.3}$$

Эффективная яркость после начала действия $B$ и до некоторого значения $S$ растет пропорционально времени действия $B$ и величине самой $B$. Увеличение $\tau$, таким образом, происходит вследствие уменьшения $S$ для каждого действующего элемента.

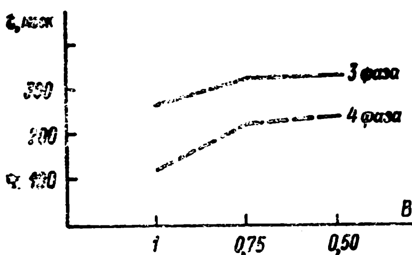



Рис. 1. Зависимость КВС от действующей яркости.

Для установления зависимой временно́й характеристики фаз от яркости перед объективом проектора помещались нейтральные фильтры, снижающие яркость по отношению к исходной. На рис. 1 видно, что уменьшение общей яркости ведет к изменению $T_ц$, т. е. при уменьшении яркости нужна меньшая скорость проекции, чтобы получить эффект симультанирования сукцессивного ряда.

Увеличение количества элементов ведет к уменьшению площади отдельных элементов, а следовательно, уменьшается суммарная яркость каждого элемента. Зависимость между площадью элементов и временем симультанирования не является линейной.

Сравнение КВС фигур с угловыми размерами 30′ и 1,5° подтверждает обусловленность КВС от действующей яркости (рис. 2). Достоверной зависимости КВС от формы и порядка предъявления элементов не обнаружено, но пространственный фактор влияет на точность восприятия (табл. 2).

Критическое время симультанирования, помимо зависимости от действующей интенсивности стимула, зависит от времени экспозиции каждого элемента в последовательности. В условиях

разовой проекции КВС значимо меньше, чем в условиях периодической стимуляции (табл. 3).

После начала периодической стимуляции необходимо некоторое установочное время, в течение которого происходит стабилизация ответов зрительной системы, что приводит к увеличе-

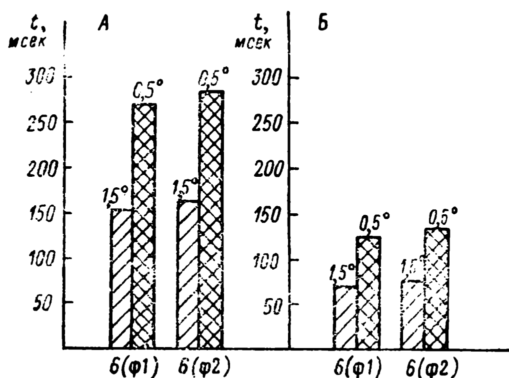



Рис. 2. График сравнения КВС (*А*) и КВМ (*Б*) фигур с различными угловыми размерами.

нию τ. Это изменение происходит, если τ зависит как от величины *S*, так и от приращения $\Delta S$, причем чем больше $\Delta S$, тем меньше τ:

$$\tau = C \cdot \frac{1}{S \cdot \Delta S}, \qquad (1.4)$$

где $C$ — коэффициент пропорциональности. Обусловленность τ не только абсолютным значением *S*, но и приращением $\Delta S$ может быть связана с явлением суммации (К. Л. Ярбус, 1965).

Анализ результатов показывает, что в условиях периодической стимуляции КВС зависит от времени экспозиции

*Таблица 2*

**Зависимость точности восприятия от фазовой динамики**

| Фаза восприятия | Точность воспроизведения, % | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 6 (ф. 1) | 6 (ф. 2) | 8 (ф. 1) | 8 (ф. 2) |
| 1 | 40 | 35 | 30 | 25 |
| 2 | 50 | 40 | 45 | 40 |
| 3 | 70 | 65 | 60 | 56 |
| 4 | 100 | 100 | 100 | 100 |

*Таблица 3*

**Значение КВС при различных условиях проекции**

| Фигуры | Время проекции одного элементы *м/сек* | $КВС_р$ | $КВС_п$ | Число кадров |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 46 | 221 | 270 | 6 |
| 2 | 47 | 224 | 281 | 6 |
| 3 | 37 | 253 | 297 | 8 |
| 4 | 40 | 265 | 315 | 8 |

развертки, а характер самой зависимости такой, что чем больше это время, тем больше КВС.

Если ввести ранги, описывающие степень приближения рисунка к оригиналу, то оказывается, что они отражают как фазовую динамику восприятия стимула, изменяющегося во времени и в пространстве, так динамику формирования зрительного образа, изученную при различных условиях наблюдения.[7]

В процессе продвижения по фазам образ последовательно проходит ряд закономерных этапов, ведущих к формированию константной перцептивной структуры. Так «мерцающая форма» является выражением топологической инвариантности (гомеоморфности) различных фигур. Вычленение сдвигов кривизны (например, резкие перепады контура и т. д.) приводит к инварианту подобия, а затем — к оптимальному отображению, или к метрическому инварианту. Метрический инвариант воспроизводит специфические характеристики пространственно-временно́й структуры единичного объекта.[8] Здесь имеет место максимальная константность и обобщенность «нулевой» группы.

За пределами константности (от метрики до топологии) процесс восприятия идет не только вниз, к его нарушению и нарастанию ошибок, но и вверх — к процессам представления. Здесь константность образа минимальна, а сам образ может быть отнесен к широкому классу гомеоморфных объектов, поскольку в этом случае обобщенность образа стремится к максимальной величине, что ведет к появлению ошибок в оценке положения, величины и формы объекта. Отображение формы менее подвержено ошибке, а метрика фигуры, в свою очередь, оказывается более устойчивой, чем метрика фона. Уровни устойчивости к ошибке являются вместе с тем и уровнями обобщенности, что соответствует уровням структуры от топологических до метрических преобразований.

---

[7] См.: Б. Ф. Ломов. Человек и техника. М., 1966.

[8] J. Akishige. Experimental Researches on the Structure of the Perceptual Space. Kynshu University. Fukuoka, Japan, 1961.

Из метрической инвариантности образа выводятся основные эмпирические характеристики пространственно-временной структуры и, в частности, функциональная целостность образа.

Детальное изучение вопроса о взаимосвязи пространственных и временных характеристик в условиях периодической стимуляции имеет особое значение в связи с инженерно-психологической задачей поиска оптимальных форм предъявления зрительных сигналов на устройствах отображения с дискретной подачей информации.

---

*В. К. Гайда*

## О РОЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ В АКТАХ ОБНАРУЖЕНИЯ, ОЦЕНКИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ВЕЛИЧИН

В производственных процессах человек все больше и больше выполняет функции контроля и управления. В качестве одной из форм контроля может выступить разнообразная пространственно-измерительная деятельность человека. Частным видом выражения этой деятельности является глазомер, а также зрительно-моторное воспроизведение различных пространственных величин на соответствующих устройствах. Можно найти множество примеров работы, особенно человека-оператора, где эти виды деятельности являются ведущими на этапе приема информации.

В работах многих психологов глазомер рассматривается исключительно с точки зрения определения порогов разностной пространственной чувствительности.[1] При этом отмечается относительно большая вариативность величин разностных порогов. Особенно сильная вариативность отмечалась в опытах, в которых пользовались так называемой «методикой сукцессивного предъявления стимулов»,[2] т. е. поочередного предъявления стимула-эталона и оцениваемого (переменного) стимула. Подобная вариативность данных отмечалась и в исследованиях по изучению точности воспроизведения определенных пространственных величин.[3]

Большая вариативность по глазомеру или зрительно-моторному воспроизведению пространственных величин в основном

---

[1] G. T. Fechner. Elemente der Psychophysik, Bd. I, 1889; H. Giering. Das Augenmass bei Schulkindern. Zs. für Psychol. und Physiol. der Sinnesorgane. Leipzig, 1905; J. Münsterberg. Beiträge zur experimentellen Psychologie, Bd. 2. Berlin, 1890.

[2] N. Erschowitz. Die psychotechnische Augenmassprüfung und ihre Bedeutung für die Praxis. Königsberg, 1926.

[3] З. Ф. Бартлетт. Психика человека в труде и игре. М., 1959.

объясняется двумя причинами. Первую из них И. Поллак[4] усматривает в постоянном колебании чувствительности анализаторов, подразумевая под этим перестройку рецепторов. Вторая вызвана различиями в методических приемах исследования.[5]

Можно предполагать, что неустойчивость величин разностных порогов как показателей точности пространственно-измерительной деятельности человека вызвана не только этими причинами. Для адекватного отражения или воспроизведения человеком пространственной величины необходимо постоянное сличение воспроизводимой величины с некоторой эталонной величиной. Можно предполагать, что только в случае жесткого постоянства эталона в течение всей измерительной деятельности вариативность ответных реакций зависит от мгновенных перестроек рецепторов. Однако в реальной деятельности человек пользуется эталонами, хранящимися в долговременой или оперативной памяти, и сличение эталонной величины с переменной часто происходит на уровне представления. Поэтому в данном случае каждый акт сравнения будет представлять собой сличение (по одному или множеству параметров) наличного стимула с субъективным эталоном.

В экспериментальной психологии разработана (Вудвортс и Шлоссберг) методика, в которой реализуется указанная схема. Имеется в виду известный метод одиночных стимулов. При использовании этого метода отсутствует постоянное чередование экспозиции эталонного и переменного стимулов, как это имеет место в методах константных раздражений или лимитов. В методе серийных стимулов оценка переменного стимула производится по заранее усвоенному эталону. При таком аспекте рассмотрения пространственно-измерительной деятельности человека становится очевидным, что процесс представления, его эмпирические или частные характеристики имеют существенное значение для точности выполнения этой деятельности. Можно предполагать, что представление в данной деятельности выполняет не только программирующую, но и корригирующую функции.

Для выяснения устойчивости субъективных эталонов пространственных величин и уточнения некоторых факторов, влияющих на эту устойчивость, было проведено три серии опытов по измерению точности глазомерного обнаружения и оценки пространственных величин и их зрительно-моторного воспроизведения. Необходимо уточнить, что под обнаружением пространственной величины мы понимаем выделение эталонной величины

---

[4] И. Поллак. Некоторые достижения психофизики в изучении организации сенсорных систем связи. В сб.: Теория связи в сенсорных процессах. М., 1964.

[5] R. S. Woodworth, H. Schlossberg. Psychologia eksperymentalna, t. I. PWN, Warszawa, 1965.

из множества схожих (по данному параметру) величин, предъявляемых симультанно. В данном случае от испытуемого требуется только произвести селекцию или классификацию стимулов по типу совпадения или несовпадения данной величины с эталоном, без учета знака отклонения.

Под оценкой пространственных величин мы понимаем разделение всей совокупности сукцессивно предъявляемых стимулов на классы «больших», или «равных» субъективному стимулу-эталону. Как видно, последний опыт полностью совпадает со схемой классического психофизического эксперимента по определению двухкатегориального разностного порога чувствительности.

Наконец, воспроизведение пространственных величин включало в себя дополнительное звено — моторику руки при наличии зрительного контроля за действием воспроизведения. В данном случае от испытуемого требовалась максимальная однородность действий для достижения точности воспроизведения.

Общим для всех трех серий испытаний было следующее: образец-эталон в виде отрезка прямой линии или расстояния между двумя точками предъявлялся испытуемым во всех случаях только до начала опыта на произвольно длительное время. Испытуемому не разрешалось производить никаких пробных движений рукой, он не получал ответа при попытке перевести эталонную величину в метрическую систему измерения (в миллиметры или сантиметры).

Во всех трех сериях в качестве испытуемых участвовали сотрудники и студенты факультета психологии ЛГУ в возрасте 18—25 лет. У всех испытуемых было нормальное зрение, без коррекции.

### 1. Обнаружение заданных интервалов

Эта серия опытов производилась совместно с Ю. А. Лаптевым и основные результаты опубликованы.[6] В этой серии опытов перед испытуемым ставилась следующая задача: обнаружить среди множества интервалов между точками эталонные интервалы. До начала опыта испытуемому предъявлялись отдельные эталонные интервалы на произвольно длительное время для того, чтобы он мог их запомнить. Затем эталонный интервал убирался, и испытуемый, опираясь исключительно на представление о величине, должен был назвать номера всех интервалов, которые по его мнению совпадают с эталоном. В опытах были использованы три эталонных интервала: 35′; 2°50′ и 4°35′. В протоколе фиксировались все ответы испытуемого, а также общее время обнаружения всех интервалов.

---

[6] В. Гайда, Ю. А. Лаптев. К вопросу об обнаружении заданных интервалов. В сб.: Проблемы инженерной психологии, вып. 2. М., 1967.

В результате проведенных опытов было установлено, что, опираясь исключительно на представление об эталонной величине, испытуемые допускали большое число ошибок, включая в класс величин, равных эталону, интервалы большие или меньшие, чем эталон. При этом оказалось, что чем больше угловой размер эталона, тем больше ложных ответов (по общему количеству).

Таким образом, увеличение углового размера интервала приводило к сильным искажениям, по-видимому, за счет наличия внутри интервала других точечных объектов (иллюзия заполненных интервалов). При этом у всех десяти испытуемых, принимавших участие в опытах, увеличение углового размера эталонного интервала приводило к увеличению ошибок недооценки переменных величин, т. е. больший интервал принимался за равный эталону. Средняя ошибка по всем испытуемым для интервала 4°35′ составляла 20% по недооценке эталона и только 1,5% по переоценке по отношению к эталону.

## 2. Оценка пространственных величин

В данной серии опытов испытуемый должен был произвести классификацию совокупности отрезков, отнеся их к категории «больших», «меньших» или «равных» эталонной величине. Отрезки предъявлялись сукцессивно, по одному на отдельном листке бумаги, в случайном порядке. Эталонный отрезок был равен 30 *мм*. И в данной серии испытуемый рассматривал до опыта эталон с целью его запомнить. Никаких вспомогательных

*Таблица 1*

| Суждение . . . . | < | | > |
|---|---|---|---|
| Частость . . . . | 0,11 | 0,46 | 0,43 |

операций не разрешалось совершать. Необходимо отметить, что все испытуемые до начала данной серии участвовали в опытах по воспроизведению, но результаты (по точности воспроизведения) им не были известны. У испытуемых также не было возможности сопоставить предыдущий отрезок с последующим, поскольку сразу после оценки листок убирался.

В этой серии опытов участвовало шесть испытуемых. Каждый из них давал оценку 50 операциям, таким образом было получено 300 оценок. Сразу бросается в глаза, что независимо от успеха оценки (правильно, завышено, уменьшено) испытуемые предпочитали пользоваться двумя вместо трех категорий суждения. Это видно из следующей таблицы (см. табл. 1).

Различия между частотой использования категорий «равно» и категории «больше» статистически незначимы. Правильными

ответами считались ответы «равно», ошибка которых (в абсолютных величинах) не превышает 1,0% эталона. Из всей совокупности ответных реакций по всем шести испытуемым правильные ответы составляют немногим более 50% ответов; 32,4% составляют ответы с переоценкой эталона (больший отрезок принимался за равный эталону) и около 10% — ответы с недооценкой эталона.

Как видно из табл. 2, при сопоставлении частоты реально предъявленных величин отрезков с частотой оценок и учетом

*Таблица 2*

| *Б* | *А* | | |
|---|---|---|---|
| | | = | > |
| < . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,549 | 0,181 | 0,010 |
| = . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,451 | 0,597 | 0,416 |
| > . . . . . . . . . . . . . . . . | 0,000 | 0,222 | 0,574 |

— реально предъявленные отрезки, соотнесенные с эталоном;
*Б* — оценки предъявленных отрезков.

знаков ошибки (недооценки или переоценки эталона), зона неразличения стимулов находится в пределах двух соседних категорий оценок, т. е. очень редко величина, реально бóльшая, чем эталон, оценивается как меньшая, чем эталон. Из этого следует, что неустойчивость критерия оценки величин отрезка характерна только для зоны сомнений,[7] что многократно было показано в опытах психофизиков.

Однако необходимо отдельно рассмотреть оценку «равно» для всей совокупности предъявленных отрезков. Дело в том, что испытуемые оценивали отрезки (по отношению к заданному эталону), которые они сами воспроизводили в другой серии опытов. Поэтому они стремились максимально возможное число отрезков отнести к категории «равно», давая тем самым самооценку своей работе. Из этого следует, что неустойчивость представления об эталоне, а не только зона неразличения двух стимулов вызывает смещение количества ответов в центральную категорию оценки.

### 3. Дискретное воспроизведение отрезков

Как уже указывалось, эта серия предшествовала по времени второй серии. Испытуемые (шесть человек) должны были на отдельных листках воспроизвести горизонтальную линию длиной

[7] К. В. Бардин. Выбор испытуемым собственных критериев для работы в зоне сомнений при пороговых измерениях. «Вопросы психологии», 1965, № 6.

в 30 *мм*. В течение одного опыта без перерыва каждый испытуемый рисовал 50 отрезков. И в данной серии до опыта испытуемый произвольно длительное время мог рассматривать эталонный отрезок. В дальнейшем испытуемый не имел больше возможности не только зрительно сравнивать воспроизведенный отрезок с эталоном, но и предыдущий отрезок с последующим.

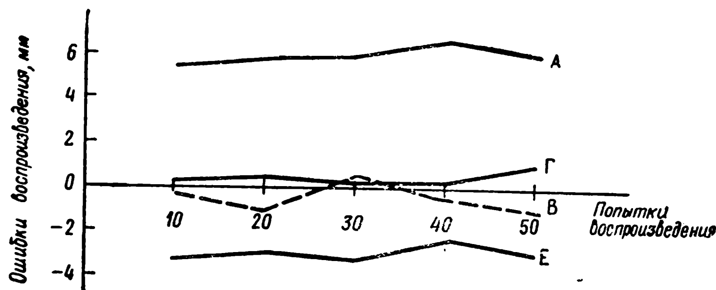
Основные статистические показатели результатов для всех испытуемых приведены в табл. 3. Необходимо еще добавить,

*Таблица 3*

| Испытуемый | М, *мм* | σ | CV, % |
|---|---|---|---|
| А | 36,2 | 1,25 | 3,5 |
| Б | 33,9 | 0,89 | 2,6 |
| В | 29,4 | 1,54 | 5,3 |
| Г | 30,8 | 2,00 | 6,4 |
| Д | 28,3 | 1,22 | 4,3 |
| Е | 27,0 | 1,25 | 4,6 |

что все 300 отрезков измерялись с точностью до 0,1 *мм*. Из таблицы видно, что существуют довольно большие индивидуальные различия в воспроизведении отрезков. Максимальная разность средних величин между испытуемыми А и Е составляет 9,2 *мм* (в абсолютных величинах при эталоне, равном 30 *мм*).

В данной серии опытов можно было проследить динамику изменения представления о воспроизведенном отрезке по частным средним, рассчитываемым после каждых десяти воспроизведений. На рисунке представлены данные испытуемых *А* и *Е*, у которых отмечены максимальные систематические ошибки по




Систематические ошибки воспроизведения отрезков.

Ось ординат — величины положительных и отрицательных ошибок, *мм*; ось абсцисс — средние величины десяти последовательных воспроизведений.

отношению к эталону, и данные испытуемых *В* и *Г* с минимальной систематической ошибкой. Как видно из рисунка, за исключением испытуемого *В*, все кривые расположены от начала до конца опыта по одной стороне центральной линии, характеризующей точное воспроизведение заданного эталона. Это говорит в пользу того, что у испытуемых на основе рассматривания эталона с самого начала формируется некоторая программа воспроизведения. Характерно, что различия между частными средними отдельных испытуемых внутри одного опыта оказались статистически незначимыми. Из этого можно сделать вывод, что по ходу опыта испытуемый не производит сличения воспроизводимого отрезка с реальным эталоном, предъявленным до опыта, а производит постоянное сличение с субъективным эталоном с представлением о пространственной величине.

В основе постановки всех трех серий опытов лежал один основной вопрос: какова роль процесса представления в актах сличения пространственных величин, когда отсутствует непосредственный, наглядный эталон для сличения. Как показывает эксперимент, с помощью методики серийных или одиночных стимулов человек принципиально способен, опираясь на субъективный эталон, адекватно отразить пространственные величины. Возникает вопрос, обусловлена ли вариативность получаемых данных только флуктуацией чувствительности и своеобразием методики?

Нет сомнения в том, что в названной методике заведомо нарушается звено в контуре регулирования, необходимое на всех уровнях деятельности сенсорных систем. Имеется в виду звено обратной связи между входом внешнего контура и выходом внутреннего контура регулирования.[8] Тем самым испытуемые в наших опытах были лишены существенного звена в своей деятельности, а именно сенсорных коррекций.[9] Вместо сличения обнаруживаемой, оцениваемой или воспроизводимой величины с реальным, наглядным образцом наши испытуемые должны были оперировать эталонами по представлению о величине. Тем самым по ходу реализации работы испытуемые все больше и больше отходили от реального эталона (1-я и 2-я серии опытов) или изначально формировали ложное представление о заданной величине. В данном случае можно говорить об относительно последовательной реализации неверной программы (3-я серия) действия.

Конечно, пока неясно, за счет чего происходят коррекции действий, какова должна быть величина рассогласования между программой (представление о величине) и переменной вели-

---

[8] Л. В. Чхаидзе. Координация произвольных движений человека в условиях космического полета. М., 1965.

[9] Н. А. Бернштейн. Некоторые назревающие проблемы регуляции двигательных актов. «Вопросы психологии», 1957, № 6.

чиной, чтобы такая коррекция наступила. Для дальнейшего исследования интересен также вопрос о приемах усвоения субъективного эталона. Пока же мы выяснили, что наряду с чисто сенсорными факторами на точность пространственно-измерительной деятельности влияют внесенсорные факторы, такие, как количество категорий оценок, вероятность появления стимулов заданной величины во всей совокупности и т. д.

---

*С. Н. Сафарян*

## К ВОПРОСУ О ЦВЕТЕ ОБЪЕКТОВ ОБЪЕМНОГО ИНДИКАТОРА

Данное исследование было направлено на выявление оптимальных цветов для кодирования воздушных целей в объемном индикаторе. Оно непосредственно связано с рядом проблем цветового зрения и, в частности, с такими вопросами, как: 1) пороги обнаружения цветовых сигналов; 2) яркостный и цветовой контраст; 3) взаимодействие объектов разного цвета; 4) влияние яркости и блескости объектов на восприятие цвета; 5) влияние угловых размеров объектов на восприятие цвета; 6) точность восприятия цветных объектов при их сближении по глубине.

1. Пороги обнаружения цветовых сигналов исследовались как в лабораторных, так и в полевых условиях. Большинство работ посвящено исследованию порогов восприятия цветовых огней при низких освещенностях, в сумерках и ночью.[1] Особый интерес представляет исследование Рачковой,[2] изучавшей время обнаружения сигнальных огней при дневном уровне яркости фона (86 *нт*) в лабораторных условиях. Эти опыты показали, что независимо от того, известно или неизвестно местоположение сигналов на экране (сигналы с угловыми размерами, равными 1′, появлялись в различных местах экрана с размерами 3,5×5,5 *м*), красные и синие сигналы различаются при более низких яркостях сигналов по сравнению с зелеными, желтыми и лунно-белыми.

---

[1] А. А. Бутылев, О. Д. Бартенева. Хроматические и ахроматические пороги точечных источников света в полевых условиях. «Светотехника», 1957, № 8; Л. Н. Мейер, Ю. П. Петров. Пороги восприятия постоянных и проблесковых сигналов. Материалы II Всесоюзной конференции офтальмологов. М., 1961; Л. Н. Мейер, Ю. П. Петров, Н. В. Чернышева. Физиологические пороги обнаружения постоянных и проблесковых сигналов. «Светотехника» 1963, № 12; Р. Л. Фольб. Блескость проблесковых огней. «Светотехника», 1960, № 8 и др.

[2] В. Г. Рачкова. Время обнаружения постоянных цветовых сигнальных огней при дневном уровне яркости фона. «Светотехника», 1964, № 4.

2. Яркостный контраст является важнейшей характеристикой для восприятия объекта. Он определяется процентным отношением разности яркостей объекта и фона к большей яркости:

$$K = \frac{B_б - B_м}{B_б} \cdot 100\%.$$

Яркостному контрасту посвящены многочисленные исследования. Эти работы показывают, что скорость и точность восприятия объектов значительно возрастает с ростом величины контраста. Особенно важное значение приобретает яркостный контраст при различении малых деталей.

В том случае, когда речь идет о восприятии цветных объектов, говорят также о цветовом или хроматическом контрасте. Как показывает ряд исследований, в частности работы Стивенса и Фокселла,[3] изучавших изменение остроты зрения в широком диапазоне яркостей, острота зрения больше зависит от яркостного контраста, чем от цветового. Однако при известных обстоятельствах хроматический контраст может существенно влиять на ход восприятия. Хроматический контраст зависит от светлоты индуцирующего и реагирующего цветов. Наилучший контраст получается в том случае, когда цвет объекта по светлоте либо одинаков с цветом фона, либо темнее его. Он также зависит от цветового фона индуцирующего цвета. Более сильный контраст наблюдается в том случае, когда цветом фона являются так называемые «холодные тона» (зеленый — синий).

Хроматический контраст зависит от величины индуцирующего и реагирующего полей. Катона[4] показал, что эффект контраста повышается с увеличением дистанции наблюдения. (Исследовался контраст с расстояний: 50, 125, 200 и 275 *см.*) Это явление было поставлено автором в связь с изменением угла зрения. В дальнейшем Хаак[5] подтвердил это и показал, что величина контраста не увеличивается с изменением дистанции наблюдения, если при этом не изменяются угловые размеры объекта и фона.

3. При одновременном высвечивании на экране нескольких цветовых объектов может наблюдаться, как показали экспериментальные исследования,[6] явление взаимодействия цветовых объектов (реагирующей и индуцирующей точек). Оказалось,

---

[3] W. R. Stevens, C. A. F. Foxell. Visual Acuity. «Light and Lighting», vol. 48, 1955, No. 12.

[4] G. Katona. Experimentelle Beiträge zur Lehre von den Beziechungen zwischen den achromatischen und chromatischen Sehprocessen. Zs. für Sinnesphysiol., Bd. 53, 1921.

[5] T. Haack. Kontrast und Transformation. Zs. für Psychol., 1929.

[6] Л. П. Галочкина. Индуктивные процессы в зрительном аппарате в их зависимости от цветности раздражителей, аномалий цветового зрения и некоторых фармакологических воздействий. «Проблемы физиологической оптики», т. I. М., 1941; Л. И. Селецкая. Индуктивные процессы при макулярном зрении. «Проблемы физиологической оптики», т. 8, 1953.

что если оба объекта зеленого или синего цвета, положительная индукция почти полностью отсутствует и, наоборот, сильно выражена отрицательная индукция. Другими словами, видимость одной из них ухудшается под влиянием другой. Если же оба раздражителя оранжево-красной части спектра, сильно выражена положительная индукция. Видимость объекта улучшается. При увеличении расстояния между объектами наблюдается уменьшение эффекта как положительной, так и отрицательной индукции.

Л. П. Галочкина и Л. И. Селецкая установили также, что индуктивное изменение чувствительности для хроматических раздражителей, одновременно действующих на сетчатку, зависит не только от цветности, но и от интенсивности раздражителей. Результаты опытов, проведенных с точечными раздражителями ($\alpha=4$, 10 и 13′) при расстоянии между ними 1°, показали, что повышение чувствительности к реагирующему раздражителю при слабых интенсивностях индуцирующих точек может смениться понижением ее при дальнейшем увеличении индуктора. Особенно резко влияние цветности обнаружилось в опытах с применением разноцветных раздражителей. При этом индуктор красного цвета снижает чувствительность к реагенту зеленого цвета, тогда как индуктор зеленого цвета меняет чувствительность к реагенту красного цвета очень незначительно. При индукторе синего цвета и реагенте красного изменение чувствительности к последнему меньше.

4. На восприятие цветных объектов отрицательное влияние оказывает наличие в поле зрения блеских источников, которые понижают цветовую чувствительность глаза. Установлено, что это понижение более значительно для коротких длин волн тестового раздражителя и меньше для длинных волн. На восприятие красных объектов блеские источники практически не оказывают влияния. Уменьшение чувствительности глаза при действии блеских источников более значительно для тестового раздражителя, видимо фовеально.[7] При центральном действии блеского источника и периферическом наблюдении слепящее действие желтых, зеленых и белых сигналов примерно одинаково. Красные огни обладают меньшим слепящим действием.[8]

5. На цветовосприятие объектов большое влияние оказывают их угловые размеры. Было установлено,[9] что это влияние

---

[7] Н. И. Колесникова. Влияние блесткости на видимость цветных огней. «Проблемы физиологической оптики», т. IV, 1947.

[8] Р. Л. Фольб. Блескость проблесковых огней. «Светотехника», 1960, № 8.

[9] Б. Н. Компанейский. Изменение восприятия цветных полей при их удалении. «Проблемы физиологической оптики», т. II. М., 1944; А. И. Кустарев. Изменение цветовосприятия при уменьшении угла зрения. «Светотехника», 1958, № 1; О. Ф. Маширова. О зависимости цветности от углового размера раздражителя. «Проблемы физиологической оптики», т. 8, М., 1953;

прежде всего сказывается на правильном восприятии синего цвета, который уже при $\alpha=20'$ начинает восприниматься как ахроматический. При угловых размерах объектов $\alpha=3'$ любой цвет поверхности искажается очень сильно и становится практически ахроматическим.

6. Важным фактором при выборе цвета объектов для объемного индикатора является четкость восприятия объектов при их сближении, т. е. в «опасных ситуациях», в особенности при сближении по глубине. Ввиду отсутствия литературных данных о точности совмещения цветных шарообразных объектов малого диаметра нами были проведены несколько серий опытов с парами одноцветных и разноцветных объектов диаметром 3 *мм.*[10]

В I серии исследовались точность совмещения объектов по классической методике с фиксацией головы наблюдателя при относительно неограниченном времени совмещения объектов по глубине. Эта серия экспериментов была проведена, чтобы иметь возможность в дальнейшем сопоставить полученные данные с уже известными результатами работ по глубинному зрению. Во II и III сериях опыты проводились в условиях ограниченного времени совмещения объектов, а также без фиксации головы наблюдателя (в III серии).

Совмещаемые объекты были синего, зеленого, желтого и красного цветов. (Использовались также объекты белого цвета, но с другим коэффициентом отражения, более высоким.)

Один из объектов находился в фиксированном положении, другой, закрепленный на подвижной раме, мог перемещаться вдоль линии взора наблюдателя, задача которого заключалась в том, чтобы возможно точнее и быстрее совместить эти объекты по глубине. Поперечное расстояние между осями совмещаемых объектов было постоянным и равнялось 30'. Фоном служила задняя стенка прибора с коэффициентом отражения, равным 40%. Расстояние от наблюдателя до неподвижного объекта было 90 *см,* освещение на уровне объектов 80 *лк.*

Во всех сериях опытов наблюдатель совмещал объекты как одного, так и разных цветов. Во второй и третьей сериях время выполнения задания было ограничено 1,5 *сек.* В опытах приняли участие 6 наблюдателей. Результаты всех серий опытов свидетельствуют о незначительном влиянии цвета объектов на

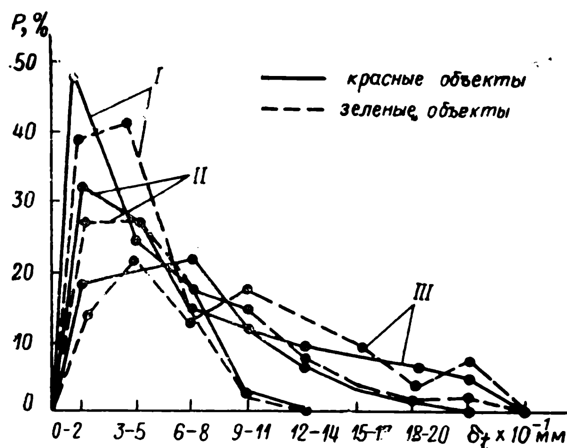
---

R. W. Burnham, S. M. Newhall. Colour Perception in Small Test Fields, «JOSA», 1953, No 10; W. C. H. Middleton, M. C. Holmes. The Apparent Colors of Surfaces of Small Subtense. Preliminary report. «JOSA», 1949, No 7; E. N. Wilmer. Colour of Small Objects. «Nature», 1944, No 3944; E. H. Wimer, W. D. Wright. Colour Sensitivity of the Fovea Centrals. «Nature», 1945, No 3952.

[10] Подробно об этих экспериментах см.: С. Н. Сафарян. Порог восприятия глубины при совмещении объектов шаровидной формы. В сб.: «Проблемы общей, социальной и инженерной психологии», вып. II. Л., 1968; С. Н. Сафарян. Оперативный порог глубинного зрения. В сб.: «Проблемы инженерной психологии, вып. II. М., 1968.

точность совмещения. (Порог глубинного зрения для объектов разных цветов в первой серии опытов равнялся: для красного — 0,43; для желтого — 0,42 *мм;* для синего — 0,41 и для зеленого — 0,49 *мм.*)

Отсутствие значимых различий между средними величинами порога глубинного зрения, полученными при совмещении объектов разных цветов, не исключает наличия некоторого влияния цвета объекта на порог глубинного зрения. Сопоставляя кривые распределения измерений, полученные при совмещении одноцветных объектов — красных и зеленых (рисунок), можно видеть,




Влияние цвета объектов на характер распределения ошибок при совмещении одноцветных объектов.

I—III — серии экспериментов.

что в опытах с красными объектами число точных совмещений больше, чем в опытах с зелеными. Этот факт указывает на более четкое восприятие наблюдателем объектов красного цвета по сравнению с зелеными. Полученные данные согласуются с данными исследований Галочкиной и Селецкой (см. выше) о положительной и отрицательной индукции, имеющей место при сближении цветных объектов, а также с результатами работ, в которых было показано, что четкость восприятия цветов наиболее высока в желто-оранжевой части спектра, что также могло сказаться на точности совмещения цветных объектов. В частности, Смитом, изучающим разборчивость цветных чисел при перепечатывании, было показано, что оранжевые и красные символы различаются лучше, чем зеленые и синие.[11]

---

[11] S. L. Smith. Regebility of Overprinted Symbols in Multicoloured Displays. J. Engng. Psychol., vol. 2, 1963.

## Выводы

Анализ литературных данных, а также результаты наших экспериментов позволяют сделать следующие выводы.

1. Наиболее четко воспринимаются цвета оранжево-красной части спектра, так называемые теплые тона.

2. Недостатком холодных тонов является наличие отрицательной индукции, которой сопровождается сближение объектов зеленого и синего цвета, в результате чего ухудшается четкость восприятия объектов в «опасных ситуациях».

3. Следует помнить, что преимущество того или иного цвета при восприятии объектов имеет место лишь при идентичных условиях наблюдения. Изменение хотя бы одного из условий, например, яркости высвечиваемых объектов, нарушит установленные выше характеристики в пользу объекта с большим яркостным контрастом независимо от его цвета.

---

*Л. И. Рябинкина*

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМУЛЯРНОГО СПОСОБА ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Одним из способов отображения информации, адресованной человеку-оператору, в системах управления является формулярный способ предъявления информации. По принятому определению формулярный способ представления информации на средствах отображения заключается в объединении в компактные группы букв, цифр и условных знаков, с помощью которых передаются сведения о свойствах объектов.[1] Поскольку при этом способе используется пространственное кодирование, т. е. каждое знакоместо в формуляре несет свою определенную смысловую нагрузку, представляет интерес определение знакомест формуляра, на которых должна отображаться наиболее важная информация. Оценка различных типов формуляров по времени, необходимому для их полного воспроизведения, и по точности воспроизведения, оценка различимости используемых в формулярах цифр и условных знаков, а также определение знакомест в формуляре, обеспечивающих наибольшую надежность считы-

---

[1] Инженерно-психологические требования к системам управления. М., 1967.

вания информации, и составило задачу нашего исследования. Было проведено три серии эксперимента, из которых первые две имели общую методику.

В эксперименте использовалась тахистоскопическая методика. Время экспозиции варьировалось от 0,05 до 5 *сек.* Материалом служили формуляры, представляющие собой сочетание условного знака и цифр, характеризующих различные параметры объектов. В первой серии эксперимента использовались сокращенные формуляры, состоящие из условного знака и цифры, во второй серии — полные, содержащие от 5 до 12 знакомест. Было использовано несколько типов конфигураций условных символов. Угловой размер знаков составлял 40′. В ходе эксперимента регистрировался латентный период сенсомоторной реакции. Точность воспроизведения формуляров оценивалась по зарисовкам испытуемых. В опытах участвовала группа испытуемых в составе 20 человек.

*Сокращенные формуляры* (I серия). Анализ данных показал, что латентный период реакции зависит от конфигурации используемого в формуляре условного знака. По длительности латентного периода реакции условные знаки можно ранжировать в ряд. Та же закономерность сохраняется и в вариативности данных по времени реакции. Латентный период реакции зависит от тренировки испытуемых;[2] для испытуемых, не знакомых с алфавитом, среднее значение латентного периода 1,28 *сек;* для знакомых с ним — 1,06 *сек.* Такова же закономерность изменения коэффициента вариации: для первой группы испытуемых — 57,8, для второй — 34,4%.

По точности воспроизведения формуляров их можно расположить в ряд, совпадающий с рядом, полученным при ранжировке по значениям латентного периода реакции. Оценивались точность воспроизведения не только конфигураций условных символов, но и направления тех знаков, которые могли иметь разную ориентацию. Точность воспроизведения пространственной ориентации символов выше у испытуемых, знакомых с алфавитом знаков, по сравнению с испытуемыми, не знакомыми с ним. Знак, конфигурацию которого испытуемые воспроизводят с большей точностью, имеет и большую точность воспроизведения пространственной ориентации. Наблюдаются случаи пространственных поворотов символов при воспроизведении вокруг вертикальной или горизонтальной оси, а также смещения их направления на ±22,5 и 45°.

Анализ удельного веса ошибок воспроизведения условных знаков и цифр показал, что большая часть ошибок допускается

---

[2] В экспериментах, в которых материалом служили сокращенные формуляры, участвовали две группы испытуемых — знакомых и незнакомых с алфавитом символов,— каждая в составе 10 человек.

при воспроизведении условных символов, цифры же воспроизводятся с большей точностью (таблица).

**Удельный вес ошибок воспроизведения условных знаков и цифр в сокращенных формулярах**

| Воспроизведение | Количество ошибок, % для испытуемых | | | |
|---|---|---|---|---|
| | не знакомых с алфавитом | | | знакомых с алфавитом |
| | $t_э$ —0,05″ | $t_э$ —0,07″ | —0,1″ | $t_э$ —0,05″ |
| Условных знаков . . . | 19,0 | 7,8 | 3,3 | 3,3 |
| Цифр . . . . . . . . . | 0,9 | 0 | 0 | 2,6 |

*Полные формуляры* (II серия). Латентный период реакции испытуемых несколько снижается с увеличением времени экспозиции. В то же время число знаков в формуляре не влияет на величину латентного периода реакции. При экспозиции 0,5 *сек* в значениях латентного периода реакции испытуемых наблюдается большая вариативность. При этом для всех типов формуляров можно отметить уменьшение вариативности данных с ростом времени экспозиции.

Точность воспроизведения зависит от числа знаков в формуляре и возрастает с увеличением времени экспозиции. При минимальном времени экспозиции, равном 0,05 *сек,* наблюдаются случаи правильного воспроизведения 5—6-значных формуляров, а время экспозиции, равное 0,3 *сек*. обеспечивает достаточно высокую точность их воспроизведения; при этом нет ни одного случая полного воспроизведения 10—12-значных формуляров. Время экспозиции $t_э=1$ *сек* обеспечивает высокую точность воспроизведения 6—7-значных формуляров; при $t_э=5$ *сек* с достаточно высокой точностью воспроизводятся 8-значные формуляры. Точность воспроизведения 10-значных формуляров при $t_э=5$ *сек* составляет 65%. Наконец, 12-значные формуляры, за исключением отдельных случаев, не воспроизводятся полностью даже при времени экспозиции, равном 5 *сек*. Такая низкая точность воспроизведения 10—12-значных формуляров объясняется тем, что количество знаков в них превосходит объем кратковременной памяти. Для безошибочного воспроизведения этих формуляров необходимо их неоднократное повторение, что требует значительного увеличения времени экспозиции.

Количество правильно воспроизведенных символов является относительно постоянным для данного времени экспозиции и не зависит от числа знаков в формуляре. Этот результат подтверждает справедливость высказанной Эриксеном и Лэппином[3] ги-

---

[3] C. W. Eriksen, J. S. Lappin. Independence in the Perception of Simultaneously Presented Forms at Brief Durations. J. Exper. Psychol., 1967, vol. 73, No 3, pp. 468—472.

потезы о так называемой перцептивной независимости. Согласно предположениям этих авторов, в любой момент времени внутренняя ошибка, или коэффициенты шума, относящиеся к различным фовеальным участкам зрительной системы, не коррелируют друг с другом. Поэтому вероятность опознания той или иной фигуры не изменяется как при ее изолированном предъявлении, так и при предъявлении в сочетании с другими фигурами.

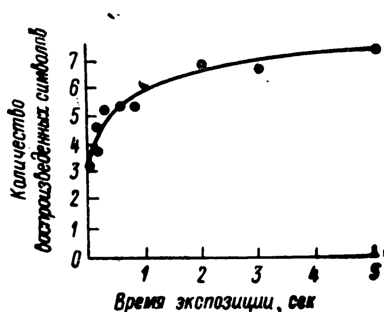



Рис. 1. Зависимость количества правильно воспроизведенных символов от времени экспозиции.

С увеличением времени экспозиции количество правильно воспроизведенных символов возрастает (рис. 1). При этом резкое возрастание количества воспроизведенных символов наблюдается при увеличении времени экспозиции от 0,05 до 1 *сек*. При дальнейшем увеличении времени предъявления формуляров число правильно воспроизведенных символов остается примерно постоянным, достигая предельного объема кратковременной памяти.

Оценка точности воспроизведения знаков, занимающих различные знакоместа в разных типах формуляров, позволила выявить следующую закономерность: максимальная точность воспроизведения наблюдается для первого знакоместа, далее происходит некоторое снижение точности для второго и третьего и снова подьем для последнего знака в строке. Вторая строка в целом воспроизводится хуже, чем первая. Третья строка воспроизводится хуже первых двух, но при этом сохраняется та же закономерность: крайние элементы строки воспроизводятся с большей точностью, чем ее середина (рис. 2, 3, 4, 5).

При воспроизведении формуляров допускаются ошибки перестановки знаков. Наиболее характерны перестановки внутри строки, причем преимущественно справа налево.

Таким образом, проведенное исследование позволило определить знакоместа формуляров, обеспечивающие наибольшую точность воспроизведения знаков. Однако в реальной деятельности оператору редко приходится выполнять задачу полного считывания всех параметров формуляров. Обычно задача сводится к селективному считыванию, т. е. к выбору некоторых определенных характеристик объекта, представленных в формуляре. Поэтому для уточнения вопроса о знакоместах формуляра, на которых должна располагаться наиболее важная информация, была проведена третья серия эксперимента — иссле-

дование селективного считывания информации в формулярах.

Материалом служили пять типов полных формуляров. Формуляры предъявлялись на экране тахистоскопа при времени экспозиции, равном 0,05 *сек.* От испытуемого требовался лишь

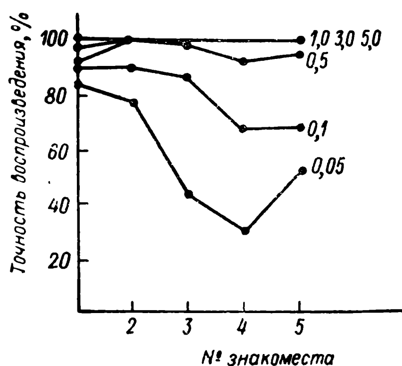



Рис. 2. Зависимость точности воспроизведения символов от занимаемых ими знакомест в 5-значных формулярах при времени экспозиции 0,05—1 *сек.*

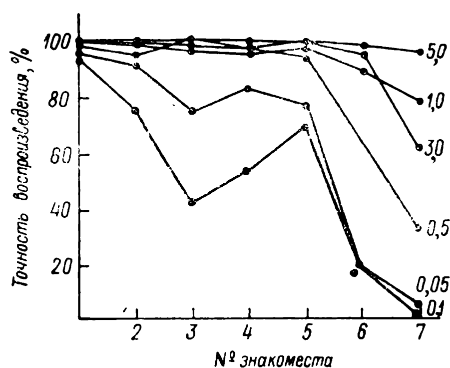



Рис. 3. Зависимость точности воспроизведения символов от занимаемых ими знакомест в 8-значных формулярах при времени экспозиции 0,05—5 *сек.*

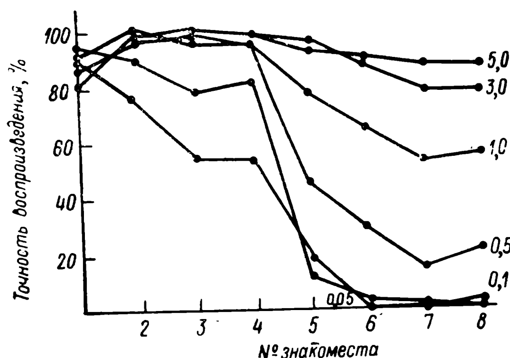



Рис. 4. Зависимость точности воспроизведения символов от занимаемых ими знакомест в 10-значных формулярах при времени экспозиции 0,05—5 *сек.*

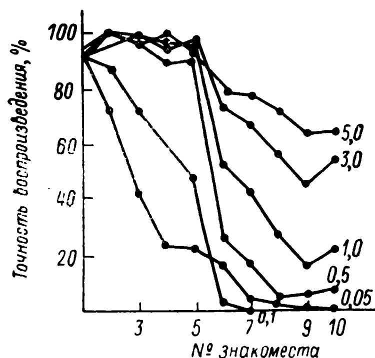



Рис. 5. Зависимость точности воспроизведения символов от занимаемых ими знакомест в 12-значных формулярах при времени экспозиции 0,05—5 *сек.*

частичный отчет о предъявленном формуляре, т. е. отчет только об одном или нескольких заданных инструкцией знакоместах предъявляемого формуляра. Инструкция давалась испытуемому перед каждым предъявлением. Знакоместа в формуляре были произвольно закодированы. Например, 1—2-е знакоместа условно использовались для характеристики параметра высоты объекта, 3—4-е — его дальности и т. п. Испытуемые предварительно знакомились с принятыми условными обозначениями. В эксперименте участвовала группа испытуемых из 20 человек. Регистрировался латентный период сенсомоторной реакции. Точность воспроизведения оценивалась по зарисовкам испытуемых.

Латентный период реакции для разных типов формуляров при смешивании символов с различных знакомест составляет 0,40—0,60 *сек*. Наблюдается вариация латентного периода реакции в зависимости от места считываемого параметра в строке. Так, при считывании двух цифр, находящихся на 1—2-м знакоместах, он составляет 0,48, на 2—3-м знакоместах — 0,54, на 3—4-м — 0,47 *сек*.

Различия в значениях латентного периода реакции для 1—2 и 2—3, а также для 2—3 и 3—4-го знакомест значимы на уровне достоверности 0,1. При этом для 2—3-го знакомест латентный период реакции больше (0,56 *сек*), если на первом знакоместе находится цифра, и меньше (0,51 *сек*), если на первом знакоместе расположен знак.

С увеличением количества считываемых символов латентный период реакции увеличивается. Так, при считывании двух цифр его среднее значение составляет 0,49, а четырех—0,59 *сек*.

Данные по вариативности времени реакции обнаруживают ту же тенденцию, что и латентный период реакции. Коэффициент вариации больше при считывании информации со средних знакомест (2—3-го), чем при считывании с крайних.

Анализ данных по точности воспроизведения цифр в зависимости от занимаемых ими знакомест формуляра показал, что крайние знакоместа воспроизводятся с большей точностью, чем средние — эффект края. Не было обнаружено различий в точности воспроизведения цифр для первой и второй строк формуляра. Точность воспроизведения четырех цифр существенно ниже, чем двух, при времени экспозиции 0,05 *сек*.

При считывании одной-двух цифр, следующих после знака, точность воспроизведения снижается (для 5, 8 и 10-значных формуляров она равна 80,7%). Еще больше снижается точность селективного считывания цифр, если предшествующие знакоместа также были заняты цифрами (68% правильных ответов для 10-значных формуляров). Если следующие за цифрами знакоместа не заполнены, то точность воспроизведения повышается (94% у 6—7-значных формуляров во второй строке).

Приведенное исследование подтвердило результаты, полученные во второй серии опытов, относительно различной точности

и скорости считывания информации с различных знакомест формуляра. Этот вывод оказался правомерным не только для условий восприятия формуляров при тахистоскопическом их предъявлении, но и для задачи селективного считывания информации.

Проведенное исследование позволило оценить различные типы формуляров по времени и точности их восприятия и воспроизведения. Время экспозиции, необходимое для безошибочного восприятия и воспроизведения сокращенных формуляров, составляет 0,07 *сек*. При необходимости использования полных формуляров с точки зрения требования оперативности считывания информации оптимальным является 7-значный формуляр (при одном и том же времени экспозиции для 8-значных формуляров получено примерно вдвое меньшее число правильных ответов, чем для 7-значных). Еще более резкое снижение точности воспроизведения наблюдается при переходе от 10 к 12-значным формулярам. Очевидно, вопрос о возможности использования 12-значных формуляров требует специального исследования в условиях деятельности оператора по выполнению различных задач. В полных формулярах крайние знакоместа обеспечивают большую надежность считывания, чем средние, и именно на крайних знакоместах должна располагаться наиболее важная информация.

---

*Г. В. Курбатова, Б. К. Мазий, С. Н. Сафарян*

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЗНАКОВ ЧЕЛОВЕКОМ ПРИ РАБОТЕ НА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ И КОЛЛЕКТИВНЫХ СРЕДСТВАХ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Необходимость обеспечения оперативной информацией во многих случаях требует создания и использования коллективных средств отображения информации—больших экранов наряду и параллельно с индивидуальными средствами отображения—малыми экранами. Как известно из литературных источников и как показывает практика, экраны и того и другого вида взаимно дополняют друг друга, в особенности в тех случаях, когда оператору, работающему на индивидуальных средствах отображения, нужно получить дополнительную информацию об общей обстановке, об объектах, если индикация этой информации находится вне пределов экрана его индивидуального средства отображения, и т. п. В связи с этим приобретает особую актуальность вопрос об особенностях визуального восприятия знаковой индикации с больших экранов.

В этой связи необходимо отметить следующее. К настоящему времени накопилось большое число исследований, касаю-

щихся точности и скорости восприятия знаковой информации с индивидуальных средств отображения. Эти исследования касались различных условий восприятия знаков, в частности яркости, угловых размеров, формы знака, структурной композиции элементов знаков, общей освещенности, цветности и т. д. Эти работы касались также и закономерностей процессов опознавания в зависимости от сложности знаков, длины алфавита. Значительная часть таких исследований проводилась в Лаборатории инженерной психологии Ленинградского университета.

Наличие большого накопленного экспериментального опыта по оценке восприятия знаков с малых экранов побуждает многих переносить эти данные без каких-либо корректив на большие экраны, в частности, угловые размеры знаков. Такое решение вопроса не может быть правомерным. Известно, что глаза человека обладают двумя важными механизмами, а именно способностью конгергенции и аккомодации. Известно также, что практически уже при восприятии с расстояния 5—6 *м* аккомодирующий механизм глаза бездействует, что не может не сказываться на точности восприятия, в данном случае знака. Но восприятие визуальной информации с больших экранов, как правило, производится с расстояний от 6 и более метров. Таким образом очевидна актуальность изучения вопроса о неоднородности характера восприятия и опознания знаковой индикации при восприятии с различных расстояний (при константности угловых размеров знака независимо от расстояния до экрана).

В соответствии с поставленными задачами было проведено несколько серий экспериментов по восприятию и опознанию знаковой индикации с малого и большого экрана. Экспериментальным материалом служил 70-значный алфавит. До начала опытов испытуемые обучались алфавиту и запоминали знаки, разделенные на классы. Каждому знаку был присвоен класс и номер, составленный из двузначного числа. Обучение считалось законченным, если испытуемый в процессе «экзамена» безошибочно называл все классы и номера знаков алфавита. Кроме того, до начала опытов с каждым испытуемым проводился ознакомительный, кратковременный опыт в течение 30 *мин.*

Во всех сериях экспериментов на малом и большом экране сохранялись постоянными следующие условия:

— угловые размеры знаков (22′);

— яркость знаков-сигналов (25 *нт*);

— освещенность в помещении как общая, так и на уровне глаз испытуемого (1 *лк*);

— обратный контраст с фоном (75%);

— частота предъявлений знаков алфавита во время проведения всех серий опытов.

Знаки были засняты в случайном порядке на кинопленку в обратном контрасте.

Изображение одиночного знака высвечивалось в центре экранов 50 *см* и 200 *см* на расстоянии 60 и 600 *см* от глаз испытуемого по одной и той же программе, порядку и процедуре. В опытах приняли участие 20 студентов-мужчин в возрасте от 23 до 25 лет с нормальным зрением, проверяемым по таблицам Д. А. Сивцева для определения остроты зрения. Испытуемые были разделены на две подгруппы по 10 человек. Члены первой подгруппы начинали опыты на расстоянии 60 *см* и кончали на расстоянии 600 *см*, члены второй подгруппы, наоборот, начинали с расстояния 600 *см* и кончали работу на расстоянии 60 *см*. Опыт продолжался шесть часов с перерывами через каждые 45 *мин* непрерывной работы. Эксперименты проводились с предварительной темновой адаптацией в течение 40 *мин* до начала опыта, в перерывах общая освещенность не изменялась.

Все эксперименты можно расчленить на две большие серии. В первой из них «оператор» работал в режиме «автотемпа». Во второй — «принудительного темпа». Методически эти серии были проведены не случайно. Как известно, сложность восприятия того или иного знака выражается через время и точность опознания. Чем сложнее условия восприятия знака, тем больше время, необходимое для его опознания, и тем вероятнее ошибка.

При «автотемпе» испытуемый, которому дана инструкция выполнять работу как можно быстрее и без ошибок, по существу не ограничен временем выполнения задания, поэтому в сложных ситуациях он имеет возможность дольше рассматривать знак и опознать его. В этом случае время является решающим показателем трудностей, связанных с опознанием знаков.

При работе в режиме принудительного темпа время экспозиции знака ограничено и постоянно, поэтому затруднение условий опознания знака ведет к увеличению числа ошибок на данный знак, что характеризует сложность восприятия и опознания данного знака в алфавите знаков.

В силу сказанного правомерно одновременное использование обоих методов в тех случаях, когда необходимо дать оценку знаковому алфавиту и составляющим его элементам. Условия предъявления одиночных знаков и режимы работы испытуемых были выбраны в соответствии с поставленными задачами.

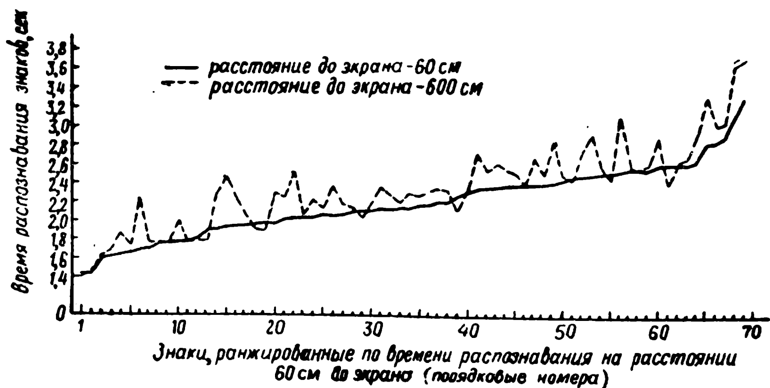
Ход опыта в принудительном режиме работ был следующий.

*Малый экран* (расстояние от наблюдателя до экрана — 60 *см*). Первый час: время экспозиции знака $t_{\text{эксп. знака}} = 1{,}75$ *сек*. Время цикла $t_{\text{цикла}} = 2$ *сек*. Под временем цикла понимается время чередования кадров, которое осуществлялось автоматически. Второй час: $t_{\text{эксп. знака}} = 0{,}03$ *сек*; $t_{\text{цикла}} = 2$ *сек*. Третий час: $t_{\text{эксп. знака}} = 0{,}05$ *сек*; $t_{\text{цикла}} = 2$ *сек*.

*Большой экран* (расстояние наблюдателя до экрана — 600 *см*). Порядок опытов тот же, что и на малом экране. При проведении этой серии опытов одна группа испытуемых начинала опыт с малого, другая — с большого экрана.

В серии опытов в «автотемпе» расстояние от наблюдателя до экрана менялось через каждый час. Смена кадров осуществлялась самим испытуемым (по мере решения задачи распознавания) нажатием на кнопку.

Регистрация данных велась следующим образом. При работе испытуемых в «принудительном темпе» учитывались ошибки, а также пропуски. При работе в «автотемпе» учитывались время опознания, а также возможные случайные ошибки. Время регистрировалось на ленте самописца, подключенного к установке.




Кривые сравнительной распознаваемости знаков оператором на индивидуальных и коллективных средствах отображения.

Количественному анализу по всем сериям экспериментов было подвергнуто более 70 тыс. измерений. Результаты опытов подтвердили выдвинутую выше гипотезу о неоднородности восприятия и распознавания знаков при удалении точек наблюдения от экрана более чем на 500—600 *см* за счет выключения механизма аккомодации.

Различие в скорости восприятия знаков оказалось значимым и при этом в пользу малого экрана (расстояние наблюдения — 60 *см*).

Этот результат справедлив для подавляющего числа знаков семидесятизначного алфавита.

О значимости различий между временами опознания знаков с расстояния 60 и 600 *см* свидетельствует применение критерия знаков: из 70 предъявленных знаков 59 требовали для опознания большего времени и лишь 10 меньшего в сравнении с опознанием знаков с расстояния 60 *см* (по средним величинам всех опытов), что свидетельствует о высокой надежности полученных различий.

О характере различий при опознании знаков-сигналов с малого и большого экранов наглядно свидетельствуют также кривые на рисунке сравнительной распознаваемости знаков по времени в зависимости от расстояния наблюдателя до экрана. По оси абсцисс расположен ранжированный ряд знаков исследуемого алфавита по среднему времени распознавания каждого знака с расстояния 60 *см*. Кривая I представляет собой изменение среднего времени распознавания по каждому знаку с расстояния 60 *см*. Кривая II — распознавание тех же знаков с расстояния 600 *см*. Как видно из графика, вторая кривая почти целиком колеблется выше уровня первой кривой.

Следует отметить еще одно интересное явление, обнаруженное в первой серии опытов, а именно сохранение в целом (для малого и большого экранов) общей тенденции в изменении среднего времени распознавания знаков или, другими словами, сохранения в целом ранжировки знаков по сложности опознавания, когда за критерий сложности принимается время опознания. Этот факт, с одной стороны, свидетельствует в пользу метода «автотемпа», позволяющего обнаружить эту зависимость, с другой стороны, позволяет утверждать, что сложности, связанные с восприятием знаков на малых экранах, сохраняются и при восприятии на больших экранах.

Исходя из общего суммированного времени, необходимого для опознания всех предъявлявшихся знаков, число предъявлений которых было одинаковым как на малом, так и на большом экранах, мы рассчитали коэффициент пересчета к трудности восприятия знаков в зависимости от расстояния наблюдения. Он оказался равным 1,08. Однако необходимо учитывать, что этот коэффициент получен нами в лабораторных условиях, когда процесс опознания значительно упрощен по сравнению с реальными условиями деятельности операторов и является показателем средней величины по всем 70 знакам алфавита. Распознавание же некоторых знаков, как видно из рисунка, ухудшается более значительно (на 15—20%). В реальных условиях, при одновременном выполнении работ на индивидуальных и коллективных средствах отображения, а также в тех случаях, когда необходимо решение определенных задач в лимите времени, в стрессовых ситуациях, в процессе принятия решений и т. п. установленные выше различия в трудности опознания знаков с разных экранов будут еще более существенными. Поэтому следует рассматривать $K = 1{,}08$ как минимальный и рекомендовать $K$, равный 1,15—1,20.

Большой интерес представляют также результаты серии экспериментов, где опознание знаков осуществлялось в «принудительном темпе».

Время экспозиции знака в принудительном темпе, как об этом уже говорилось выше, чередовалось и было равно 1,75; 0,03 и 0,05 *сек*. Операторам, работающим на реальных

**Сводные данные надежности опознания при работе оператора в „принудительном темпе“ (по данным последних 4 часов опыта)**

| Экран | Время экспоз., *сек* | Кол-во знаков предъявл. | Кол-во ошибок | Пропущено | Исправлено | Спутано внутри класса | Назван только класс | Исправлен класс | Назван неправильно класс | Спутан класс |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1,75 | 10018 | 560 | 237 | 74 | 148 | 40 | 17 | 9 | 35 |
| Малый . . . . . . . . | 0,05 | 3718 | 1433 | 601 | 25 | 209 | 527 | 12 | 41 | 18 |
| | 0,03 | 3718 | 1425 | 696 | 41 | 179 | 437 | 8 | 44 | 20 |
| | 1,75 | 10018 | 646 | 284 | 72 | 202 | 31 | 22 | 1 | 34 |
| Большой . . . . . . . | 0,05 | 3718 | 1900 | 884 | 25 | 331 | 587 | 1 | 39 | 33 |
| | 0,03 | 3718 | 2346 | 1339 | 24 | 268 | 619 | 2 | 58 | 36 |

средствах отображения, несмотря на достаточную длительность предъявления, часто приходится лишь на краткое время останавливать взор на нужном знаке и, таким образом, невольно получается ситуация кратковременной задержки взгляда на нем.

Сводные данные по всем сериям опытов приведены в таблице. Как видно из таблицы, число предъявлений знаков на малый и большой экраны было равным (по 17454). Общее число ошибок составило по малому экрану — 3418, или 19,6% от числа предъявлений. Общее число ошибок при опознании знаков на большом экране — 4892, или 28,0% от общего числа предъявлений.

Не останавливаясь на анализе характера ошибок, вернемся к основному вопросу, а именно к различиям, касающимся характеристики опознания знаков при изменении расстояния наблюдения. Как видно из той же таблицы, это различие так же, как и в опытах при работе в режиме «автотемпа», имеет место, и оно тем значительнее, чем меньше время экспозиции знаков. Эти данные подтверждают выдвинутую выше гипотезу, объясняющую ухудшение различения и опознания знаков при удалении точки наблюдения от экрана за счет выключения аккомодации в процессах восприятия (при расстоянии 600 *см*).

Вернемся к вопросу о коэффициенте пересчета. Коэффициент пересчета находим, вычислив отношение числа ошибок при работе на большом экране к числу ошибок при работе на малом экране. Для времени экспозиции 1,75 *сек* он будет равен 1,15; для экспозиции 0,05 *сек* — 1,33; для экспозиции 0,03 *сек* — 1,64. Как видно из этих данных, уменьшение времени, необходимого для восприятия знака, ведет к значительному ухудшению качества выполнения работы. И в этом случае коэффициент пересчета для большого экрана прогрессивно возрастает по мере ухудшения условий восприятия. Это необходимо учитывать при разработке коллективных средств отображения.

Выше мы касались коэффициента пересчета по результатам серии опытов в «автотемпе». Эта величина равнялась 1,08, в серии с принудительным темпом, при экспозиции приближенной к условиям «автотемпа», а именно при $t_{\text{эксп}}=1,75$ *сек*, коэффициент пересчета равен 1,15. Если внести поправку еще на относительно большую трудность работы на большом экране при уменьшении экспозиции, то можно установить ориентировочную величину коэффициента пересчета в пределах 1,15—1,20. Более же точные величины можно получить лишь при проведении исследований в реальных условиях деятельности оператора, в том числе в случае, когда необходима одновременная работа на индивидуальных и коллективных средствах отображения.

———

*Г. Н. Горбунова, Т. П. Зинченко*

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОИСКА КАК ФУНКЦИЯ РЕЖИМА СМЕНЫ ИНФОРМАЦИИ

При исследовании деятельности оператора АСУ возникает задача определения оптимальной рабочей нагрузки в единицу времени. Оптимальная рабочая нагрузка может быть достигнута путем изменения либо количества поступающей информации в единицу времени, либо режима обновления информации.

Определение влияния темпа обновления информации на эффективность деятельности оператора в режиме информационного поиска и составило задачу настоящего исследования. Кроме того, представляется важным определение режима смены информации среднего для группы испытуемых, имеющих различные характеристики оперативной памяти и показывающих разный темп работы при решении поисковых задач.

Предметом исследования явилось изучение эффективности выполнения операции обнаружения изменений в информационном поле при четырех режимах смены информации: условном «оптимальном» стабильном режиме, условном «оптимальном» динамическом режиме, режиме информационной перегрузки и информационной недогрузки. В качестве материала исследования использовались знаково-цифровые формуляры, сокращенные и полные. Проведено четыре серии экспериментов, в которых участвовало 20 испытуемых.

## Методика

Испытуемым на экране, в условиях проходящего света и обратного контраста, на фоне карты предъявлялась ситуация, содержащая некоторое количество формуляров, в которой постепенно, кадр за кадром, происходили следующие изменения: перемещение формуляров, их исчезновение, появление новых формуляров: наконец в некоторых кадрах отсутствовали какие бы то ни было изменения по сравнению с предыдущей ситуацией. Первую предъявленную ситуацию испытуемый запоминал, затем в каждой последующей он должен был обнаружить изменения по сравнению с предшествующей ситуацией. О замеченных изменениях (а именно об исчезновении формуляров и о появлении новых) испымуемые сообщали в порядке обнаружения этих изменений.

Была составлена программа исследования на материале сокращенных формуляров, состоящая из 160 кадров. Количество формуляров в кадре в ходе эксперимента варьировало от 5 до 15. Последовательность изменения ситуационных задач была случайна и равновероятна. Количество критических (значимых) формуляров изменялось от 1 до 3. Работа велась в режиме принудительного темпа.

Для расчета *условного* «оптимального» режима смены информации была проведена предварительная серия экспериментов, в которой участвовали 26 испытуемых; режим работы автотемп.

В ходе эксперимента регистрировались словесные отчеты испытуемых и время решения задачи. Полученные данные позволили определить среднее время решения задачи для данной группы испытуемых; оно оказалось равным 11 секундам ($T_1$). Было рассчитано также среднее время на один формуляр (величина обратная скорости), которое оказалось равным $\approx 1{,}12$ *сек* ($t$).

На основании полученных данных были рассчитаны четыре режима смены информации:

1. Условный «оптимальный» стабильный режим с временем предъявления кадра $T_1$, равным 11 *сек*.

2. Условный «оптимальный» динамичный режим с временем предъявления кадра

$$T_2 = nt,$$

где $n$ — число формуляров в кадре,

$$t = \text{const} = 1{,}12 \text{ сек}.$$

3. Режим информационной перегрузки с временем предъявления кадра

$$T_3 = 0{,}5 T_2.$$

4. Режим информационной недогрузки с временем предъявления кадра

$$T_4 = 1{,}5 T_2.$$

Как указывалось выше, этим четырем режимам соответствовали четыре серии экспериментов.

## Изложение результатов

Полученные данные позволили определить точность работы испытуемых при обнаружении новых формуляров, исчезнувших формуляров и отсутствия изменений в информационном поле (табл. 1).

Оказалось, что наибольшая точность характеризует принятие решения в ситуации с отсутствием изменений в информационном поле. Наименее эффективно решается задача обнаружения исчезнувших формуляров, представляющая значительно большие трудности по сравнению с задачей обнаружения новых формуляров. При этом во всех ситуациях максимальную точность решения задачи обеспечивает режим $T_4$—информационной недогрузки.

*Таблица 1*

**Зависимость точности решения задачи от режима смены информации**

| Режим смены информации | Точность решения задачи, %, при обнаружении | | |
|---|---|---|---|
| | новых формуляров | исчезнувших формуляров | отсутствия изменений |
| $T_1$ | 97,9 | 94,1 | 100 |
| $T_2$ | 99,1 | 94,4 | 100 |
| $T_3$ | 97,2 | 89,3 | 100 |
| $T_4$ | 99,8 | 97,9 | 100 |

*Таблица 2*

**Зависимость точности решения задачи от количества формуляров в кадре при различных режимах смены информации**

| Режим смены информации | Точность решения задачи, %, при количестве формуляров | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | 8 | 10 | 12 | 15 |
| $T_1$ | 97 | 99 | 97 | 92 | 97 |
| $T_2$ | 95 | 100 | 98 | 96 | 98 |
| $T_3$ | 85 | 98 | 91 | 91 | 95 |
| $T_4$ | 97 | 100 | 98 | 98 | 98 |

Анализ данных по точности решения задачи испытуемыми показывает некоторое снижение точности с увеличением общего объема отображения (табл. 2, рис. 1).

Однако можно отметить, что точность работы испытуемых остается на достаточно высоком уровне даже при максимальном объеме отображения (15 формуляров). Наибольшую точность работы обеспечивает режим $T_4$.

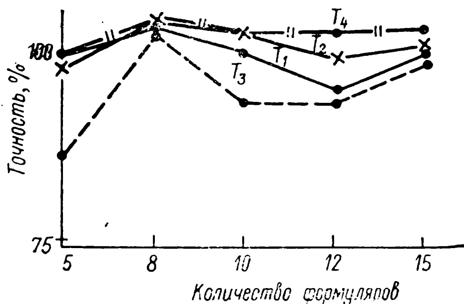



Рис. 1. Зависимость точности решения задачи от количества формуляров в кадре при различных режимах работы.

Эти данные показывают, что при работе с динамической информационной моделью, когда число значимых параметров не превышает двух, допустимо одновременное предъявление на экране до 15 формуляров. При этом точность решения

*Таблица 3*

**Зависимость точности решения от продолжительности эксперимента при различных режимах смены информации**

| Режим смены информации | Точность решения задачи, %, для кадров | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1—10 | 11—20 | 21—30 | 31—40 | 41—50 | 51—60 | 61—70 | 71—80 | 81—90 | 91—100 | 101—110 | 111—120 | 121—130 | 131—140 | 141—150 | 151—160 |
| $T_1$ | 98 | 95 | 96 | 98 | 87 | 93 | 96 | 83 | 82 | 99 | 99 | 86 | 95 | 95 | 98 | 98 |
| $T_2$ | 99 | 97 | 96 | 98 | 92 | 96 | 99 | 87 | 87 | 100 | 100 | 85 | 97 | 95 | 97 | 97 |
| $T_3$ | 96 | 91 | 92 | 97 | 90 | 89 | 93 | 82 | 78 | 97 | 98 | 81 | 92 | 90 | 92 | 92 |
| $T_4$ | 99 | 100 | 99 | 99 | 98 | 98 | 99 | 92 | 96 | 100 | 98 | 93 | 100 | 97 | 99 | 98 |

задачи снижается, главным образом в режиме информационной перегрузки.

Кроме того, в последнем случае наблюдается явление «задержки», описанное Дж. Миллером,[1] когда ответ на поступающую информацию откладывается со времени «пик» на время уменьшения притока информации. При этом испытуемые сообщают об изменениях в информационном поле с опозданием на 1—2 кадра.

Динамика точности решения задачи на протяжении всего эксперимента также свидетельствует в пользу режима информационной недогрузки (табл. 3).

При всех остальных режимах смены информации наблюдается значительное снижение точности решения задачи в ситуациях, где общий объем отображения превышает 10 формуляров (рис. 2): это кадры 71—80, 81—90, 111—120. В этих же ситуа-

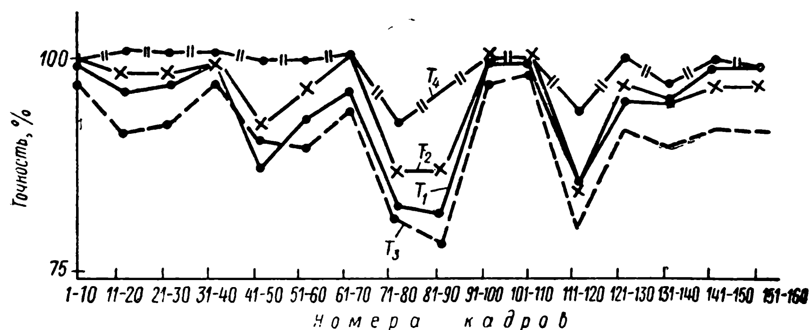



Рис. 2. Зависимость точности решения задачи от продолжительности работы для различных режимов смены информации.

циях при режиме информационной недогрузки точность решения задачи остается на достаточно высоком уровне. Правда, при режиме смены информации $T_2$ падение точности обнаружения изменений в информационном поле с увеличением общего объема отображения менее значительно, чем при остальных двух режимах — $T_1$ и $T_3$. В то же время не было обнаружено зависимости точности работы испытуемых от продолжительности эксперимента ни для одного из использованных режимов смены информации. Так, в начале и в конце эксперимента, где общий объем отображения был одинаков, точность работы оста-

---

[1] Дж. Миллер. Индивидуум как система, перерабатывающая информацию. Концепция информации и биологические системы. М., 1966.

ется также на одном и том же уровне. Таким образом увеличение длительности опыта до 160 экспериментальных ситуаций не привело к снижению точности работы испытуемых.

Полученные данные позволили проследить зависимость точности работы оператора от оперативного объема отображения (табл. 4).

*Таблица 4*

**Зависимость числа ошибочных ответов от оперативного объема отображения при различных режимах работы**

| Режим смены информации | Количество ошибочных ответов, %, при оперативном объеме отображения | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | +1 ф-р | +2 ф-ра | +3 ф-ра | —1 ф-р | —2 ф-ра | —3 ф-ра |
| $T_1$ | 5,8 | 6,8 | 16,6 | 36,8 | 33,3 | 22,2 |
| $T_2$ | 0,8 | 0,6 | 8,6 | 34,3 | 26,2 | 30,5 |
| $T_3$ | 13,3 | 5,6 | 21,3 | 58,1 | 54,1 | 51,6 |
| $T_4$ | 3,3 | 0 | 1,3 | 15,0 | 11,2 | 8,3 |

Анализ данных показывает, что при работе с динамической информационной моделью в условиях принудительного темпа увеличение оперативного объема приводит к снижению точности решения задачи обнаружения новых формуляров. Однако обращает на себя внимание некоторое снижение числа ошибочных ответов при увеличении оперативного объема до 3 формуляров в ситуации исчезновения последних. Кроме того, при ре-

*Таблица 5*

**Зависимость характеристик памяти испытуемых от рабочей нагрузки в ходе эксперимента**

| Испытуемые | Непосредственная память | | Оперативная память | | ИКП | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | до опыта | после опыта | до опыта | после опыта | до опыта | после опыта |
| 1 | 8 | 8 | 6 | 6 | 10,5 | 10,5 |
| 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10,0 | 10,0 |
| 3 | 9 | 9 | 5 | 5 | 7,7 | 7,7 |
| 4 | 9 | 9 | 5 | 5 | 7,7 | 7,7 |
| 5 | 6 | 6 | 5 | 5 | 9,2 | 9,2 |
| 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 9,2 | 9,2 |
| 7 | 7 | 7 | 5 | 5 | 8,6 | 8,6 |
| 8 | 6 | 5 | 5 | 5 | 9,2 | 10,0 |

жиме информационной недогрузки ($T_4$) увеличение оперативного объема отображения вызывает повышение точности решения задачи.

Одной из задач нашего исследования было определить, влияет ли работа в режиме информационного поиска на объем непосредственной и оперативной памяти испытуемых. С этой целью измерялся объем непосредственной и оперативной памяти испытуемых до и после эксперимента при режиме информационной перегрузки и вычислялся индекс кратковременной памяти испытуемых по методу Смирнова и Мучника.[2] Оказалось, что объем памяти испытуемых до и после эксперимента остается стабильным даже в условиях информационной перегрузки (табл. 5).

Наконец, одной из задач нашего исследования было проследить зависимость продуктивности работы испытуемых от различных режимов смены информации. Продуктивность работы испытуемых рассчитывалась двумя способами. Первый способ расчета — по методу А. Когана[3] с помощью информационной меры, формально представляющей собой шенноновскую пропускную способность канала связи:

$$P = \frac{N}{T}\left[1 + p\log p + (1-p)\log 2(1-p)\right] \textit{бит/сек},$$

где $P$ — показатель продуктивности работы; $N_T$ — скорость решения задачи, а выражение в скобках, обозначаемое в дальнейшем $f(p)$, есть функция правильности решения $\left(p = \frac{n}{N}\right)$; $n$ — число правильных ответов; $N$ — число всех ответов; $T$ — время решения задачи.

*Таблица 6*

**Показатели продуктивности работы испытуемых при различных режимах смены информации**

| Продуктивность работы | Режим смены информации | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $T_1$ | $T_2$ | $T_3$ | $T_4$ |
| $P$ *бит/сек* | 0,734 | 0,759 | 1,580 | 0,553 |
| $P = \frac{p^2}{T^2}$ | 0,805 | 0,766 | 3,086 | 0,354 |

[1] В. М. Смирнов, Л. С. Мучник. К психодиагностике кратковременной памяти. III Всесоюзный съезд общества психологов СССР, т. 1. М., 1968.

[2] А. И. Коган. Зрительная работоспособность и бинокулярная система человека. Автореф. канд. дисс. М., 1968.

Кроме того, мы произвели расчет продуктивности по формуле

$$P = \frac{p^2}{T^2},$$

где $p^2$ — количество правильных ответов; $T^2$ — время решения задачи.

*Таблица 7*

**Зависимость продуктивности работы испытуемых от количества формуляров при различных режимах работы**

| Количество формуляров в кадре | Продуктивность работы $P$ при режиме смены информации | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $T_1$ | $T_2$ | $T_3$ | $T_4$ |
| 5 | 0,29 | 0,72 | 2,30 | 0,33 |
| 8 | 0,52 | 0,78 | 3,09 | 0,35 |
| 10 | 1,00 | 0,77 | 2,18 | 0,34 |
| 12 | 1,02 | 0,74 | 2,64 | 0,34 |
| 15 | 1,25 | 0,77 | 2,90 | 0,35 |

Полученные при обоих способах расчета данные показывают, что наибольшая продуктивность работы испытуемых отмечается при режиме $T_3$ — информационной перегрузки. Несмотря на то, что при этом режиме испытуемые допускают больше ошибок, чем при других режимах смены информации, экономия во времени решения задачи столь велика, что выдвигает этот режим на первое место по продуктивности.

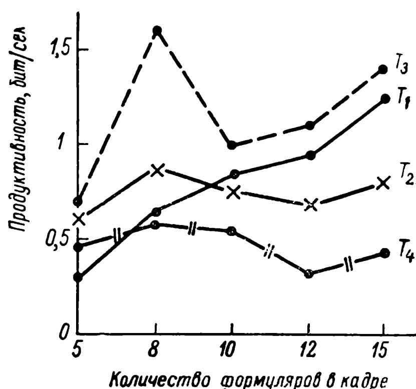



Рис. 3. Зависимость продуктивности работы от количества формуляров в кадре при режимах $T_1$, $T_2$, $T_3$, $T_4$.

Наименьшая продуктивность работы наблюдается в режиме $T_4$ — информационной недогрузки (несмотря на максимальную точность решения задачи при этом режиме). Наконец, между режимами $T_1$ и $T_2$ по данным продуктивности работы испытуемых нет существенных различий.

Таким образом, данные, характеризующие продуктивность работы испытуемых при различных режимах смены информации, свидетельствуют в пользу преимущества режима информационной перегрузки, рассчитанного исходя из средней скорости работы испытуемых. Возможно, некоторым снижением точ-

ности решения задач при этом режиме в экспериментальных условиях можно пренебречь, поскольку в реальной работе оператора, очевидно, повышение уровня мотивации повлечет за собой и возрастание точности решения задач.

Динамика продуктивности работы испытуемых в зависимости от общего объема отображения также показывает преимущества режима $T_3$ — информационной перегрузки (табл. 7, рис. 3).

Можно отметить некоторое возрастание продуктивности работы с увеличением общего объема отображения. Этот факт еще раз подтверждает возможность и целесообразность предъявления на экране, предназначенном для работы одного оператора, одновременно до 15 формуляров.

## Заключение

Настоящее исследование было проведено с целью определения эффективности выполнения задачи обнаружения изменений в информационном поле в зависимости от следующих факторов: а) общий объем отображения; б) оперативный объем отображения; в) режим обновления информации.

Из анализа данных, полученных в экспериментальном исследовании, можно сделать следующие выводы.

1. Продуктивность работы возрастает с увеличением общего объема отображения до 15 формуляров, хотя при этом отмечается некоторое снижение точности обнаружения новых и в особенности исчезнувших формуляров.

2. При увеличении оперативного объема отображения точность решения задачи снижается.

3. При определении режима обновления информации нужно исходить из того, что максимальную точность решения задачи обеспечиваеть режим информацонной недогрузки. Продуктивность работы испытуемых при этом наименьшая в связи с большими затратами времени на решение задачи. Режим информационной перегрузки, напротив, обеспечивает максимальную продуктивность работы при низкой точности решения задачи. Очевидно, следует отдать предпочтение режиму смены информации, рассчитанному исходя из рабочей нагрузки оператора и скорости его работы (в нашем исследовании это режим $T_2$), при котором отмечается баланс между точностью решения задачи и продуктивностью работы, и оба эти показателя находятся на достаточно высоком уровне.

4. При работе с сокращенными формулярами допустимо увеличение общего объема отображения до 15 формуляров, поскольку точность решения задачи при этом снижается незначительно и отмечается некоторое возрастание продуктивности работы.

---

*И. С. Бабич, В. И. Бутов, О. А. Иванов, Г. В. Курбатова*

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ВОЗМОЖНОСТИ ЗАМЕНЫ ИНДИКАТОРОВ, ОТРАЖАЮЩИХ НЕПОСРЕДСТВЕННО ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОБЪЕКТА, НА ЦИФРОВЫЕ ИНДИКАТОРЫ

## Постановка задачи

Усложнение задач, решаемых с помощью современных систем контроля и управления, неизбежно влечет за собой увеличение потоков информации, необходимой для успешного решения этих задач. При этом существенно возрастает и разнообразие индикационных средств и способов представления информации человеку-оператору.

В этой связи очевидна актуальность вопроса оптимизации потоков информации и, в частности, вопросов выбора средств и формы ее отображения.

Во многих современных системах управления значительное место в обработке информации оператором занимает получение числовых значений и определение пространственных характеристик сигналов-символов. Такого рода деятельность оператора приобретает особую важность в случае приема случайных одиночных сигналов. Так, например, в одной из систем контроля и управления оператор по первому принятому сигналу имеет возможность измерить его уровень и по «круговому» индикатору ориентировочно определить направление его прихода. И только в случае поступления такого же сигнала вторично у оператора есть возможность уточнить направление прихода сигнала (его курсовой угол) по соответствующей шкале уже другого индикатора — электронно-лучевого. Но дело в том, что повторного сигнала может и не быть, если «объекту», пославшему первый сигнал, вполне достаточно полученной при этом о «нас» информации, а оператору при этих данных трудно принять необходимое решение.

Если же вместо вышеупомянутых индикаторов для этой конкретной цели использовать цифровые индикаторы (например, ИН-1, ИН-2, люминесцентные и т. п.), то, как нам представляется, оператор может получить достаточно полную информацию в случае приема одного сигнала. Но при этом необходимо отметить, что при использовании «круговых» индикаторов оператор может сразу наглядно представить направление прихода сигнала, иначе говоря, курсовой угол (КУ) объекта, пославшего этот сигнал. В случае цифрового индикатора оператору необходимо перекодировать числовое значение в пространственные характеристики принятого сигнала.

В этой связи для определения степени влияния данного декодирования числовых значений в пространственные характерис-

тики на скорость и точность принятия решения оператором нами выполнялось экспериментальное исследование, сущность которого заключается в сравнении эффективности работы оператора в случаях приема информации:

— с индикатора, отражающего в определенной степени пространственные параметры принятого сигнала;

— с цифрового индикатора, выдающего эти параметры непосредственно в числовом значении.

### Методика исследования

Исследование включало три основных варианта опытов:

1. Считывание угловых величин с индикатора, выполненного на неоновых лампочках (72 штуки), которые расположены по кругу диаметром 40 *см*. Значения угловых величин в градусах нанесены у соответствующих лампочек.

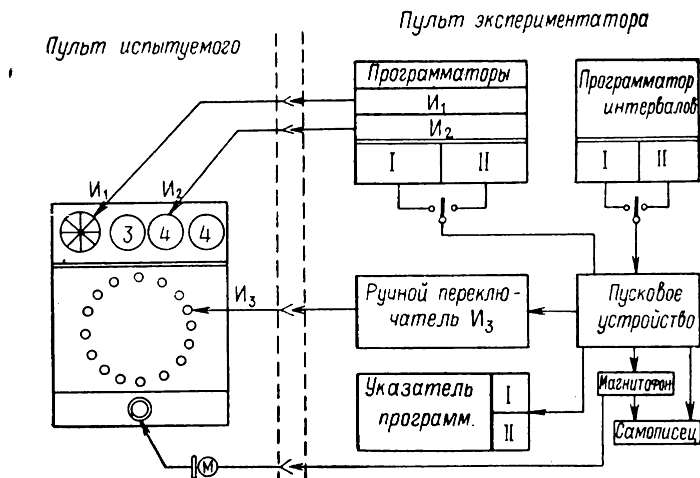



Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки.

2. Считывание угловых величин с цифровых индикаторов (ИН-1).

3. Считывание угловых величин с цифровых индикаторов при дополнительной индикации стороны прихода сигнала на специальном сигнализаторе (диаметр 50 *мм*), расположенном слева от цифровых индикаторов. Вся площадь этого вспомогательного индикатора разбита на 8 равных секторов, начиная от 0°.

Блок-схема экспериментальной установки, разработанной В. И. Бутовым, показана на рис. 1.

Задача испытуемого во всех трех вариантах — как можно быстрее и точнее обнаружить и сообщить предъявленный угловой параметр, указав при этом направление прихода сигнала.

Примеры ответов: 1. 47° справа по носу.
2. 228° слева по корме.

Такое разделение числовых значений на «нос» $(270 \div 360 \div 90)^\circ$ и «корму» $(90 \div 180 \div 270)^\circ$, левую $(180 \div 360)^\circ$ и правую $(0 \div 180)^\circ$ части было сделано специально и совершенно условно, чтобы получить данные для последующего анализа результатов пространственного «декодирования» сигналов испытуемыми в различных вариантах опытов.

Опыты проводились в полузатемненной камере. На передней панели пульта испытуемого освещенность поддерживалась в пределах $5 \div 5{,}5$ *лк*. Расстояние от глаз испытуемого до центра индикаторов выбиралось примерно $60 \div 70$ *см*. Высота сидения испытуемого регулировалась, поэтому обеспечивалась перпендикулярность взора испытуемого к плоскости различных индикаторов. В экспериментах приняли участие 10 человек с нормальным зрением. С каждым из них было проведено по 4 основных опыта каждого варианта. Таким образом, всего проведено 120 опытов. За время каждого опыта (20 *мин*) предъявлялось 40 числовых значений, следующих в случайном порядке через различные временные интервалы: 10, 20, 30, 40 и 50 *сек*. Последовательность этих интервалов также носила случайный характер. При составлении программ опытов учитывались следующие моменты:

1. Испытуемый не должен был ориентироваться на какие-то определенные цифры в конце числа, например «0» и «5», что получилось бы при равномерной разбивке круга через 5°.

2. Все последние цифры чисел по возможности должны быть представлены равномерно от 0 до 9.

3. Для того чтобы относительно равномерно расположить по кругу 72 лампочки (I вариант), интервалы между соседними числовыми значениями в угловом выражении не должны превышать $5 \pm 1^\circ$.

С учетом всех этих положений определена общая последовательность из 72 числовых значений, на основе которой были составлены 2 программы опытов (для затруднения запоминания испытуемыми как числовых последовательностей, так и интервалов предъявления). Содержание этих программ представлено в табл. 1. Два опыта каждого варианта проводились по одной программе (I), а два по другой (II). Для каждого испытуемого была составлена определенная программа очередности опытов по вариантам таким образом, чтобы с учетом всех испытуемых каждый из вариантов по времени проведения оказался в равных условиях.

*Таблица 1*

| Программа I | | | Программа II | | |
|---|---|---|---|---|---|
| № | длительность интервалов, *сек* | числовые значения, град. | № | длительность интервалов, *сек* | числовые значения, град. |
| 1 | 10 | 9 | 1 | 10 | 3 |
| 2 | 40 | 114 | 2 | 40 | 202 |
| 3 | 20 | 317 | 3 | 30 | 71 |
| 4 | 50 | 296 | 4 | 50 | 141 |
| 5 | 50 | 65 | 5 | 50 | 285 |
| 6 | 20 | 20 | 6 | 20 | 177 |
| 7 | 30 | 342 | 7 | 10 | 322 |
| 8 | 50 | 177 | 8 | 10 | 15 |
| 9 | 10 | 337 | 9 | 30 | 280 |
| 10 | 50 | 215 | 10 | 50 | 108 |
| 11 | 40 | 245 | 11 | 40 | 274 |
| 12 | 10 | 153 | 12 | 50 | 53 |
| 13 | 20 | 211 | 13 | 30 | 165 |
| 14 | 30 | 219 | 14 | 40 | 136 |
| 15 | 10 | 285 | 15 | 20 | 354 |
| 16 | 20 | 119 | 16 | 40 | 36 |
| 17 | 40 | 32 | 17 | 20 | 258 |
| 18 | 50 | 124 | 18 | 20 | 82 |
| 19 | 20 | 41 | 19 | 30 | 103 |
| 20 | 40 | 47 | 20 | 40 | 254 |
| 21 | 30 | 141 | 21 | 20 | 128 |
| 22 | 30 | 147 | 22 | 10 | 95 |
| 23 | 30 | 86 | 23 | 50 | 191 |
| 24 | 20 | 159 | 24 | 30 | 269 |
| 25 | 20 | 77 | 25 | 20 | 47 |
| 26 | 40 | 302 | 26 | 10 | 333 |
| 27 | 20 | 186 | 27 | 30 | 211 |
| 28 | 40 | 136 | 28 | 30 | 24 |
| 29 | 10 | 28 | 29 | 40 | 171 |
| 30 | 30 | 291 | 30 | 50 | 317 |
| 31 | 10 | 207 | 31 | 40 | 59 |
| 32 | 20 | 328 | 32 | 20 | 346 |
| 33 | 40 | 228 | 33 | 50 | 90 |
| 34 | 30 | 182 | 34 | 10 | 99 |
| 35 | 50 | 3 | 35 | 20 | 197 |
| 36 | 40 | 313 | 36 | 40 | 350 |
| 37 | 10 | 240 | 37 | 10 | 223 |
| 38 | 50 | 234 | 38 | 30 | 358 |
| 39 | 50 | 308 | 39 | 50 | 263 |
| 40 | 10 | 132 | 40 | 10 | 250 |

В процессе опыта регистрировались время решения отдельной задачи (от момента подачи сигнала до начала речевого ответа) и время речевого ответа, а также полное время решения задачи. Кроме того, на магнитофоне записывался ответ испытуемого для последующего анализа его работы по критерию точности.

Согласно данной методике была сконструирована и изготовлена экспериментальная установка, функциональная блок-схема которой представлена на рис. 1.

Работой всей системы управляет программатор интервалов, выполненный в виде диска, по краю которого установлены 2 ряда

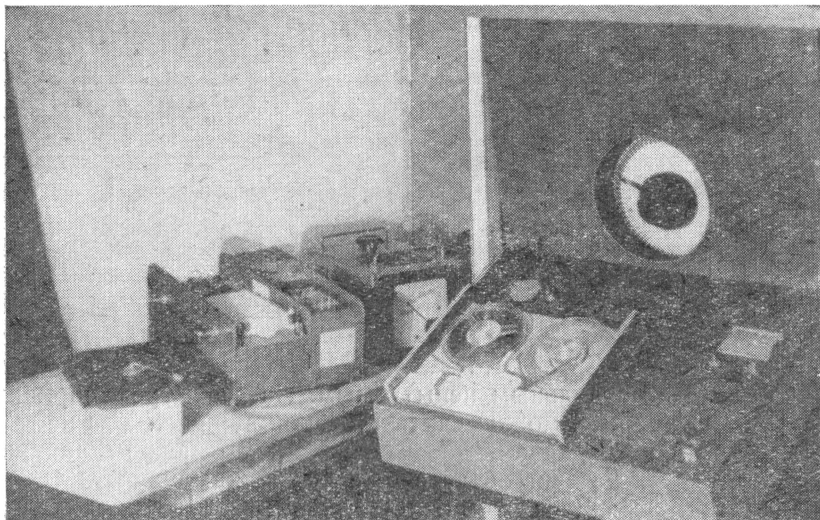


Рис. 2. Общий вид пульта экспериментатора.

контактов (по 40); расстояние между ними выбрано пропорционально временным интервалам следования сигналов. При выборе соответствующей программы включается моторчик, который обеспечивает последовательное замыкание общего контакта с программными. В момент замыкания очередного контакта включается пусковое устройство на время, выбранное экспериментатором,—в нашем случае 7,5 *сек.* На это время включается протяжные механизмы магнитофона и самописца, после чего они автоматически отключаются. После выключения пускового устройства происходит перевод программаторов $И_1$ и $И_2$ в следующее положение, а также указателя программ для ручной установки значений «кругового» индикатора $И_3$. Речевой ответ фиксируется через микрофон на магнитофоне и далее с его выхо-

да на ленте самописца. В конце ответа программатор интервалов автоматически отключается и его последующий запуск осуществляется экспериментатором в начале следующего опыта. Общий вид пульта экспериментатора представлен на рис. 2.

## Анализ экспериментальных данных

В табл. 2 представлены результаты средних значений всех вариантов по 120 опытам. На основании этих данных можно отдать предпочтение третьему способу предъявления информации как по времени решения, так и по времени речевого ответа.

*Таблица 2*

| Время, *сек* | Вариант | | |
|---|---|---|---|
| | I | II | III |
| Время решения . . . . . . . . . . | 1,05 | 0,90 | 0,83 |
| Время речевого ответа . . . . . . | 1,77 | 1,90 | 1,70 |
| Общее время решения . . . . . . | 2,82 | 2,80 | 2,53 |

Эта же закономерность имеет место и при анализе по критерию знака по отдельным испытуемым. Из всех трех вариантов наиболее сложным можно считать второй вариант. Тем не менее время решения задачи здесь меньше, чем в первом варианте. Однако время речевого ответа больше, чем в первом и третьем вариантах. Очевидно, это можно объяснить тем, что испытуемые, пытаясь выполнить инструкцию и решить как можно быстрее задачу, само решение заканчивали в процессе речевого ответа, удлиняя тем самым его время. Но все же общее время решения второго варианта не превышает время решения первого варианта. Разработанная методика позволила также провести сопоставление результатов всех трех вариантов по определению влияния «места» и интервалов предъявления сигналов на скорость решения задачи. Как показал анализ полученных данных, подобной зависимости внутри каждого из вариантов не наблюдается. Однако в случае предъявления числовых значений, соответствующих участку от 0 до 90°, время речевого ответа во всех вариантах несколько меньше ($x=1{,}47$ *сек*), чем для зоны от 90 до 360° ($x=1{,}89$ *сек*).

Очевидно, это связано с тем, что числа здесь в основном двухзначные и на их проговаривание уходит меньше времени. Также может сказываться влияние того, что человеку приходится иметь дело с участком от 0 до 90° при построении различного рода зависимостей чаще, чем с участком от 90 до 360°.

После опытов по второму варианту большинство испытуемых отмечали, что сигнализатор стороны прихода сигнала помогал решению задач во втором варианте, т. е. даже в том случае, когда его соответствующие секторы не высвечивались (как в третьем варианте). В этой связи через месяц был проведен дополнительный контрольный вариант опытов.

*Таблица 3*

| Время, *сек* | Вариант | | |
|---|---|---|---|
| | II | контрольный | III |
| Время решения | 0,90 | 0,69 | 0,83 |
| Время речевого ответа | 1,90 | 1,67 | 1,70 |

На месте данного сигнализатора были две взаимноперпендикулярные линии (вертикальная и горизонтальная) толщиной примерно 1 *мм*, выполненные на белой бумаге тушью. В опытах участвовали 4 человека из прошлого состава испытуемых. С каждым проведено по 4 опыта. Сравнение полученных результатов с данными основных опытов представлено в табл. 3.

Полученные ориентировочные результаты показывают, что конструктивное и схемное упрощение, введенное в данную систему индикации, не ухудшает показатели работы оператора, а в отдельных случаях имеет место улучшение.

*Таблица 4*

| Ошибки | Вариант | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | | II | | III | |
| | кол-во | % | кол-во | % | кол-во | % |
| Истинные | 25 | 35,2 | 16 | 19,75 | 8 | 21,05 |
| Поправки | 39 | 54,9 | 64 | 79,05 | 28 | 73,68 |
| Пропуски | 7 | 9,9 | 1 | 1,2 | 2 | 5,27 |
| Всего: | 71 | | 81 | | 38 | |

Для подтверждения этого положения требуется провести исследование с большим числом испытуемых.

Во всех вариантах при решении задач испытуемые допускали ошибки, различные по своему характеру:

— *истинные*, когда неправильно называется сторона прихода сигнала или носовая и кормовая часть, а также искажается числовое значение;

— *поправки,* когда первоначально неправильно называется соответствующее значение, а затем дается правильный ответ;

— *пропуски,* когда не называются отдельные параметры.

Распределение данных ошибок представлено в табл. 4.

По результатам таблицы следует отдать предпочтение третьему варианту исходя из общего количества допущенных в нем ошибок — 38, что составляет 20% от общего числа ошибок — 190.

Наибольшее количество ошибок приходится на второй вариант,— 81, что составляет 43% от общего числа. Из всего количества ошибок, допущенных испытуемыми по всем трем вариантам, на долю поправок приходится 69%, при этом наибольшее число поправок допущено во втором варианте.

Наибольшую степень влияния на конечный результат работы оператора безусловно оказывают как истинные ошибки, так и пропуски. С учетом этого сравнение оказывается не в пользу первого варианта, где допущено 25 истинных ошибок против 16 и 8 соответственно во втором и третьем вариантах, а также 7 пропусков из 10 приходится на первый вариант. Следует отметить, что характер распределения ошибок в случае контрольного варианта такой же, как во втором и третьем вариантах.

**Выводы**

1. Исследовался способ представления визуальной информации с помощью цифровых индикаторов по критериям скорости и точности решения оператором конкретной задачи. Результаты исследования показали, что данный способ не уступает по выбранным критериям способу представления соответствующей визуальной информации с помощью «круговых» индикаторов, отражающих в определенной степени непосредственно пространственные параметры принятого сигнала. В то же время он позволяет значительно экономнее использовать рабочее пространство приборных панелей.

2. Результаты контрольных опытов говорят о целесообразности введения простейшего указателя стороны прихода сигнала в непосредственной близости от цифрового индикатора угловых величин сигнала.

3. Результатами исследования подтверждается правомерность замены «круговых» индикаторов на «локальные» цифровые индикаторы.

*В. П. Дворщенко, И. А. Шихин*

## О ВОЗМОЖНОСТИ ОДНОВРЕМЕННОГО ВОСПРИЯТИЯ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ЦЕНТРАЛЬНЫМ И ПЕРИФЕРИЧЕСКИМ ЗРЕНИЕМ

Известно, что зрительная информация, поступающая от средств отображения или непосредственно из внешней среды, как правило, одновременно попадает в различные участки сетчатки глаза. Тем не менее оператор воспринимает и перерабатывает только те сигналы, которые соответствуют стоящей перед ним оперативной задаче, т. е. осуществляет выборочное восприятие. Таким образом, при конструировании средств отображения, приборных панелей и пультов управления возникает вопрос о пространственной ориентировке и пространственном видении человека.

В инженерной психологии существует понятие «оперативного поля зрения», под которым подразумевается часть зрительного поля, в пределах которой глаз совершает «одноактное установочное движение» в сторону обнаруженного объекта для его опознания или происходит «одномоментное опознание зрительных объектов» (без установочного движения).[1]

По нашему мнению, целесообразно ввести два инженерно-психологических понятия, характеризующих функциональные различия поля зрения, обусловленные особенностями деятельности оператора: 1) оперативная зона обнаружения сигналов (объектов); 2) оперативная зона опознания сигналов (объектов).

Целесообразность введения таких понятий вытекает из анализа деятельности оператора. Изучение особенностей оперативного поля опознания может представить интерес только в тех случаях, когда одновременно с поступлением сигналов в периферическое зрение центральное зрение принимает или настроено на прием не менее значимой зрительной информации, и установочное движение глаз не может быть осуществлено.

В большинстве работ по исследованию оперативного поля зрения одновременной информационной загрузки центрального и периферического зрения не производилось. В работе Н. В. Заваловой и др.[2] изучались особенности приема зрительной информации, поступающей с парафовеальных индикаторов. Авторы вводили дополнительные задачи различной сложности, которые выполнялись при помощи центрального зрения. В работе дела-

---

[1] Ю. Б. Гиппенрейтер. Опыт экспериментального исследования работы зрительной системы наблюдателя. В сб.: «Инженерная психология». Изд. МГУ, 1964.

[2] Н. В. Завалова, В. А. Пономаренко, В. М. Сиволап, Л. А. Китаев-Смык. Экспериментальные исследования факторов, влияющих на восприятие периферическим зрением. Материалы 1-й Ленинградской конференции по инженерной психологии. Л., 1964.

ется вывод о том, что применение парафовеальных индикаторов, не требующих большой разрешающей способности зрительного анализатора, позволяет расширить «сенсорный вход» оператора и при достаточной тренировке дает возможность распределения внимания.

В работе Вебстера и Хезлеруда[3] изучались особенности обнаружения сигналов периферическим зрением и время двигательной реакции на обнаруженные сигналы при одновременном подсчете количества мельканий лампы, расположенной в центральном поле зрения.

Исходя из вышеизложенного нами была поставлена задача исследования возможности и особенностей опознания сигналов, поступающих одновременно в центральное и периферическое зрение. Объектами опознания были выбраны цифры индикаторной лампы ИН-1 как одного из средств отображения информации.

## Методика эксперимента

Исследование проводилось на полуавтоматической установке, предназначенной для изучения периферического поля зрения. Одна индикаторная лампа находилась в центре поля зрения, вторая же — перемещалась по периферии. Это давало возможность предъявлять цифровую информацию одновременно в центральное и периферическое зрение по независимым программам. В центральное зрение цифры от 0 до 9 предъявлялись равновероятно в случайном порядке через 1 *сек*. Испытуемые должны были определить четность каждой цифры и нажать на соответствующую кнопку. В периферическое зрение цифры также предъявлялись равновероятно в случайном порядке, но время экспозиции было равно 0,5 *сек*, а временные интервалы между предъявлением цифр варьировали в пределах 5—10 сек. Инструкцией категорически воспрещалось переводить fovea в сторону обнаруженной периферическим зрением цифры. Испытуемые должны были как можно точнее и быстрее опознать предъявляемую цифру и одновременно продолжать выполнение «центральной» задачи. Кроме того, сразу после вербального ответа испытуемые должны были оценить степень субъективной уверенности принятого ими при опознании решения по трехбалльной шкале. На ленте самописца Н-320-3 регистрировалось качество выполнения центральной задачи (ошибки, пропуски, аритмичность), момент предъявления цифры в периферическое зрение, момент начала вербального ответа и его содержание (названная в результате опознания цифра), оценка

---

[1] Р. Вебстер, Дж. Хезлеруд. Влияние внимания, направленного на выполнение зрительной или слуховой задачи, на периферическое зрение. В сб.: «Инженерная психология за рубежом». М., 1967.

субъективной уверенности принятого при опознании решения.

В связи с поставленным вопросом о влиянии дополнительной, «центральной» задачи на опознание цифр, поступающих в периферическое зрение, каждый эксперимент состоял из двух частей. В одной части центральное зрение испытуемым произвольно удерживалось на перекрестке цифры «8», в другой части испытуемые выполняли «центральную» задачу: на четные цифры, предъявляемые в центре, нужно было реагировать нажатием на одну кнопку, на нечетные — на другую. От опыта к опыту порядок предъявления цифр менялся.

Для определения структурных особенностей оперативного поля опознания цифр нами были выбраны следующие точки их предъявления: 10, 20, 30, 40, 50 и 60° по правому горизонтальному полумеридиану.

Опыты проводились в изолированной экспериментальной камере. Рассеянный свет в камере был равен 5 *люкс*. В опытах приняло участие пять человек-мужчин в возрасте от 20 до 35 лет с нормальным зрением и состоянием здоровья. По каждой переменной в опытах получено 50 замеров (всего 6000 замеров). Результаты были подвергнуты статистической обработке.

## Обсуждение полученных результатов

На рис. 1 отображены результаты опознания цифр по точкам предъявления при выполнении центральной задачи и при фиксировании взора на перекрестке цифры «8». В опытах были получе-

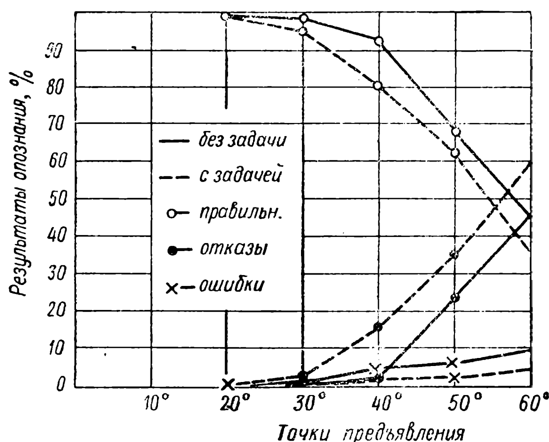



Рис. 1. Влияние выполнения центральной задачи на качество опознания цифр периферическим зрением.

ны три варианта ответов: 1) правильные ответы (называлась соответствующая предъявлению цифра), 2) ошибочные ответы (цифры перепутывались) 3) и отказы (не назывались никакие цифры). Из рис. 1 видно, что количество правильно опознанных цифр начинает заметно уменьшаться после 30° в сторону периферии. Особенно резкое уменьшение количества правильных ответов имело место при выполнении центральной задачи. Наибольшая разность количества правильных ответов получена на расстоянии 40° от fovea. Таким образом, можно считать, что размеры оперативной зоны опознания зависят от сложности

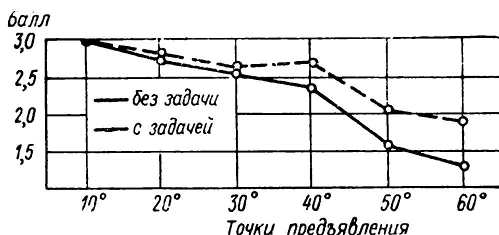



Рис. 2. Оценка субъективной уверенности принятого решения при опознании цифр.

«центральной» задачи. В нашем случае оперативная зона опознания сужается на 10° (по 95%-ному уровню правильных ответов при опознании). Среднее количество отказов, представленное на рис. 1, носит обратный характер по сравнению с количеством правильных ответов. Резкое увеличение количества отказов имеет место после 40° в сторону периферии. Выполнение центральной задачи приводит к значительному увеличению количества отказов по всем точкам предъявления, начиная с 30°. В точке 30° количество отказов (3,9%) значительно превышает количество отказов в точке 40° без выполнения центральной задачи (2,1%). Эти результаты также говорят о сужении оперативной зоны опознания сигналов при одновременном выполнении дополнительных задач, связанных с загрузкой центрального зрения. Кривая среднего количества ошибочных ответов (перепутывание цифр) по всем точкам предъявления имеет несколько иной характер (см. рис. 1). По всем точкам предъявления, начиная с 30° в сторону периферии, количество ошибочных ответов при отсутствии центральной задачи значительно превышает количество ошибочных ответов, полученных при ее выполнении. Ошибочные ответы в первом случае начали появляться уже в точке 20°. Эти результаты можно объяснить тем, что при одновременном выполнении центральной задачи испытуемые не имеют возможности тщательно (детально) анализировать опорные (основные) признаки предъявляемых в периферическое зрение

цифр, так как центральные механизмы нервной системы в это время в значительной мере заняты переработкой информации, необходимой для выполнения центральной задачи. Испытуемые в этом случае стараются принимать более категоричные решения. В пользу этого объяснения говорит значительное увеличение количества отказов, имевшие место по всем точкам предъявления цифр, а также то, что при выполнении центральной задачи, испытуемые, как правило, сопровождали свои ответы более высокой оценкой субъективной уверенности принятого решения (рис. 2). Очевидно, полученные нами различия в опознании цифр периферическим зрением при одновременном выполнении центральной задачи и без нее могут иметь место из-за перенастройки зрительного анализатора, вызванной изменением субъективного критерия при опознании, которая, в свою очередь, определенным образом влияет на функцию принятия решения.

Анализ средних значений времени правильного опознания цифр периферическим зрением (рис. 3) показал, что выполне-

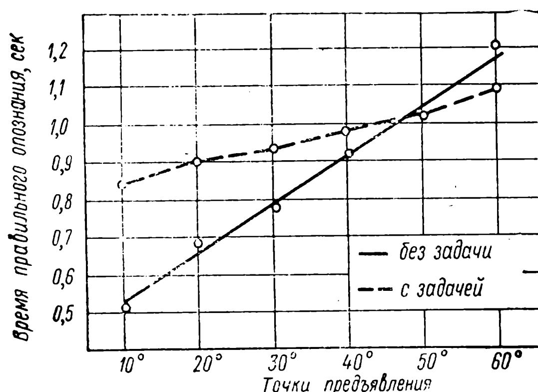



Рис. 3. Время правильного опознания.

ние центральной задачи при одновременном опознавании цифр периферическим зрением статистически значимо увеличивает время реакций в точках 10, 20 и 30°. Однако в более периферийных точках значимых различий обнаружено не было. Значимость различий средних значений времени правильных ответов, выполненная нами по критерию Стьюдента, изменялась от центра к периферии от $t=3{,}7$ до $t=0{,}01$. Общий характер ошибочных ответов и вероятность перепутываний цифр, предъявляемых в периферическое зрение, представлены в таблице. Из таблицы видно, что цифры, имеющие простую конфигурацию (1;7), опо-

знавались лучше других. Это можно считать вполне закономерным, если учесть значительные различия в разрешающей способности центрального и периферического зрения. В заключение необходимо отметить, что одновременное выполнение центральной и периферической задач оказывает взаимное влияние на качество их выполнения. Так, центральная задача в предвари-

**Характер ошибочных ответов и вероятность перепутывания цифр**

| Предъявленные цифры | Характер ошибочных ответов: двухстороннее смешение | Характер ошибочных ответов: одностороннее смешение | | Число альтернатив | Цифры, с которыми предъявленные не смешиваются |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | $6_{0,01}$ $9_{0,015}$ | | | 3 | 1234578 |
| 1 | $4_{0,01}$ | | | 2 | 23567890 |
| 2 | | | | 4 | 145890 |
| 3 | $5_{0,075}$ | $3_{0,015}$ $6_{0,005}$ $7_{0,005}$ | | 3 | 1246890 |
| 4 | $1_{0,005}$ | $7_{0,005}$ | | 4 | 256890 |
| 5 | $3_{0,075}$ $6_{0,015}$ $7_{0,005}$ | $3_{3,315}$ $7_{0,005}$ | | 5 | 14890 |
| 6 | $5_{0,005}$ $0_{0,02}$ | $2_{0,03}$ | | 5 | 12379 |
| 7 | $5_{0,005}$ | $4_{0,06}$ $8_{0,01}$ | | 2 | 12346890 |
| 8 | | $1_{0,025}$ $2_{0,005}$ $4_{0,005}$ | $0_{0,01}$ | 5 | 35679 |
| 9 | $0_{0,145}$ | $4_{0,03}$ $6_{0,02}$ $7_{0,01}$ | $8_{0,005}$ | 6 | 1235 |

тельных опытах (без одновременного опознавания цифр при помощи периферического зрения) выполнялась нашими испытуемыми безошибочно (100% выполнения). В основных же опытах, при одновременном выполнении обеих задач, качество выполнения центральной задачи снизилось до 93% (появились пропуски цифр, неправильные реакции, аритмичность). Подобные факты уже описывались в литературе.

## Выводы

1. Результаты исследования позволяют выделить из оперативного поля зрения оперативную зону опознания (в нашем случае 30° от центра к периферии по правому горизонтальному полумеридиану), за которой следует непрерывный переход к оперативной зоне обнаружения. Границы зоны опознания динамичны и могут зависеть от параметров опознаваемых объектов, степени информационной загрузки оператора и его состояний.

2. Одновременное выполнение дополнительной задачи (прием и переработка цифровой информации при помощи центрального зрения) сужает оперативную зону опознания цифр периферическим зрением. В наших опытах указанная зона уменьшилась с 40 до 30° по правому горизонтальному полумеридиану.

3. При выполнении центральной задачи увеличивается количество отказов и оценка субъективной уверенности в принятом решении. Ответы испытуемых носят более категорический характер.

4. Одновременное выполнение центральной задачи увеличивает время правильного опознания цифр в точках 10, 20 и 30°. С другой стороны, опознание периферийных сигналов оказывает влияние на качество выполнения центральной задачи, снижая качество ее решения от 100 до 93%.

5. Указанные особенности читаемости лампы ИН-1 периферическим зрением могут быть учтены при конструировании соответствующих пультов управления и других средств отображения цифровой информации.

---

*А. И. Соловьева*

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВРЕМЕННОЙ РАЗНОСТИ ПРИХОДА СИГНАЛОВ НА СЛУХОВЫЕ ВОСПРИЯТИЯ

При изучении влияния временно́й разности прихода сигналов на восприятие стереофонического образа было обнаружено следующее.

1. Увеличение временно́го сдвига при равенстве уровней сигналов $I_1(t) = I_2(t)$ вызывает ряд психологических явлений:

«смещение» кажущегося звукового образа от линии симметрии к громкоговорителю с опережающим сигналом;

«подавление» запаздывающего сигнала;

«раздвоение» звукового образа.

2. Увеличение уровня запаздывающего сигнала вызывает следующие психологические явления:

— «возвращение» кажущегося звукового образа от громкоговорителя с опережающим сигналом к линии симметрии;

— «раздвоение» звукового образа.

Практический интерес представляет установление количественных величин временны́х сдвигов между сигналами, при которых возникают указанные психологические явления. Введем следующие обозначения временных сдвигов:

$\Delta T_{подавл.}$ — временной сдвиг при подавлении запаздывающего сигнала;

$\Delta T_{см}$ — временной сдвиг при смещении звукового образа;

$\Delta T_{возвр.}$ — временной сдвиг при возвращении звукового образа;

$\Delta T_{раздв\cdot 1}$ — раздвоение при $I_1(t) = I_2(t)$;

$\Delta T_{раздв\cdot 2}$ — раздвоение при $I_1(t) \neq I_2(t)$;

Исследование влияния временно́го сдвига сигналов на локализацию кажущегося звукового образа проводилось путем субъективно-статистических экспертиз.

При воздействии опережающих и задержанных сигналов испытуемые локализуют звук «прямо перед собой». Это значит, что слияние звукового образа происходит в плоскости симметрии головы. При выключении одного из запаздывающих сигналов испытуемые по-прежнему определяют прихо́д звука «прямо». И в данном случае слияние звукового образа остается в плоскости симметрии головы. При отключении одного из опережающих сигналов звук локализуется соответственно тому уху, в которое поступает неотключенный опережающий сигнал. Запаздывающие сигналы не оказывают влияния и на локализацию кажущегося звукового образа, так как и в этом случае запаздывающие сигналы оказываются подавленными.

Перечисленные факты указывают на то, что происходит подавление запаздывающего сигнала, поступающего в одно ухо с опережающим. «Подавление» запаздывающего сигнала вызывает восприятие слитности двух опережающих сигналов. Следовательно, в формировании слитного звукового образа определяющими компонентами являются опережающие сигналы, так как восприятие уровней запаздывающих сигналов снижается за счет ослабления электрофизиологической активности слухового нерва. Таким образом, «механизм подавления» обусловливает передачу информации о кажущемся звуковом образе за счет двух опережающих сигналов. Это приводит к бинауральному эффекту восприятия звука в первичном звуковом поле.

Проведенные эксперименты убеждают в том, что подавление запаздывающих сигналов происходит при поступлении их как в одно, так и в оба уха с опережающим сигналом. Анализ результатов экспериментов приводит к основному психологическому выводу: запаздывающие сигналы, поданные в одной паре с опережающим, не оказывают влияния как на слияние звукового образа, так и на его локализацию.

При исследовании влияния соотношения уровней сигналов на характеристику подавления установлено, что смещение звукового образа воспринимается слушателем как при большем, так и при меньшем уровне опережающего сигнала относительно запаздывающего. Для возвращения же кажущегося звукового образа в исходное положение требуется тем больше повышение уровня запаздывающего сигнала, чем больший уровень имеет опережающий. Следовательно, с повышением уровня опере-

жающего сигнала увеличивается и ослабление (подавление) запаздывающего сигнала.

Анализ опубликованных работ[1] по вопросу о локализации смещения звукового образа показал, что единого мнения о характеристиках данного явления не существует. Поэтому необходимо было уточнить характер закономерности восприятия смещения кажущегося звукового образа и установить граничное значение временнóго сдвига, при котором смещение образа еще воспринимается как смещение, но не как раздвоение. Экспериментом установлено, что смещение кажущегося звукового образа шумового сигнала происходит в интервале временны́х сдвигов $\Delta T_{см}$ от 0 до 1 *мсек*. При дальнейшем увеличении временнóго сдвига приход звука воспринимается от громкоговорителя с опережающим сигналом.

При определении влияния временнóго сдвига прихода шумового сигнала на восприятие смещения образа при изменении частоты и угла на громкоговоритель из положения слушателя установлено, что углам $\psi = 20$; 30; 45° соответствует интервал временнóй разности $\Delta T_{см}$, равный от 0 до 1 *мсек*. На основании экспериментов установлено, что закономерности смещения образа всех шумовых сигналов довольно близки, и величина временнóго сдвига для них $\Delta T_{см}$ находится в пределах от 0,8 до 1 *мсек*. Помимо речевых, в наших опытах использовались музыкальные сигналы ударных, духовых, струнных инструментов. Для такого разнородного набора речевых, музыкальных и шумовых сигналов закономерности смещения образа близки и лежат в интервалах $\Delta T_{см}$ от 0 до 1 *мсек* для шумовых и $\Delta T_{см}$ от 0,8 до 1,2 *мсек* для музыкальных и речевых сигналов. Эксперименты показывают, что интервал временны́х сдвигов, при котором создается впечатление смещения кажущегося звукового образа речевых, музыкальных и шумовых сигналов, имеет один и тот же предел. Дальнейшее увеличение временны́х сигналов приводит к подавлению запаздывающего сигнала.

Из анализа полученных результатов следует, что слух человека исключительно тонко различает временны́е сдвиги между сигналами. Временнáя разность в 1 *мсек* обусловливает полное подавление запаздывающего сигнала и соответственно в интервале временого сдвига от 0 до 1 *мсек* происходит локализация звукового образа, поступающего от излучателя с опережающим сигналом.

---

[1] См.: Stereophonic Sound Reproduction. «Philips Teach. Rev.» No. 4, 1940; H. Haas. Über den Einfluß eines einfachen Echos auf die Hörsamkeit von Sprache. «Acustica», No 1, 1951; W. B. Snow. Effect Arrinal Time on Stereophonic lokalisation. JOSA, No 5, 1954; H. F. Olsont. Stereophonic Sound Reproduction in the Home. Radio Engng. Soc., No 2, 1958; В. А. Адаменко. К вопросу объективной оценки локализации кажущегося источника звука корреляционным методом при стереофоническом воспроизведении сигнала. «Радиоэлектроника», 1963, № 1.

Итак, в диапазоне частот и углов, взятых при исследовании данного вопроса, локализация звука в плане смещения образа не зависит ни от частоты, ни от угла на громкоговоритель из положения слушателя, но существенно зависит от временного интервала процесса подавления запаздывающего сигнала.

Установлено, что за счет увеличения уровня запаздывающего сигнала у испытуемых создается впечатление возвращения кажущегося звукового образа в исходное положение. На основании электрофизиологических данных феномен «возвращения» кажущегося звукового образа следует рассматривать как результат компенсации подавления запаздывающего сигнала увеличением его уровня. Представление о компенсации дает возможность установить эквиваленты временных (в *мсек*) и интенсивностных (в *дб*) разностей, что является необходимым условием для локализации звукового образа.

Повышенный уровень запаздывающего сигнала относительно опережающего вызывает субъективное впечатление возвращения звукового образа от громкоговорителя с опережающим сигналом в исходное (среднее) положение. Практический интерес представляет изучение временных сдвигов $\Delta T_{\text{раздв}}$ = от 1 до 20 *мсек*. В указанном интервале задержек можно проследить за процессом перехода восприятия возвращения звукового образа к его раздвоению.

Анализ закономерностей восприятия возвращения образа показал, что с увеличением временно́го сдвига от $\Delta T_{\text{раздв.}}=0$ до $\Delta T_{\text{раздв.}}=1$ *мсек* величина необходимого превышения уровня запаздывающего сигнала возрастает, достигая при $\Delta T_{\text{раздв.}}=1$ *мсек* приблизительно 6 *дб*. Дальнейшее увеличение временно́го сдвига приводит к превышению уровня запаздывающего сигнала на 8—9 *дб*. При временно́м сдвиге более чем 5 *мсек* для некоторых сигналов восприятие возвращения образа сменяется восприятием раздвоения. Следует заметить, что на восприятии возвращения образа в исходное положение различный тип сигналов весьма мало сказывается.

Раздвоение звукового образа наблюдается в двух случаях: при равенстве уровней сигналов $I_1(t)=I_2(t)$; при неравенстве уровней сигналов $I_1(t)\neq I_2(t)$.

Для инженерной практики в области стереофонии важно установить момент раздвоения образа. Установление момента раздвоения дает возможность определить интервал временных сдвигов, при котором образ остается еще слитным и воспринимается как возвращение образа.

По мере увеличения временно́й разности между сигналами, так же как при равенстве $I_1(t)=I_2(t)$ и неравенстве $I_1(t)\neq I_2(t)$ их уровней, наблюдаются следующие переходы восприятия звукового образа:

— четкое восприятие возвращения кажущегося образа в исходное положение: излучатели звуков не прослушиваются;

— ослабленное восприятие образа: излучатели звуков прослушиваются;
— звуковой образ не воспринимается: прослушиваются оба излучателя — образ раздваивается.

Из таблицы следует, что восприятие момента раздвоения образа сигналов ударных инструментов в случае равенства уровней сигналов наступает при $\Delta T_{\text{раздв}\cdot 1} = 4 \div 6$ *мсек*, а в случае неравенства уровней сигналов при $\Delta T_{\text{раздв}\cdot 2} = 30 \div 50$ *мсек;* восприятие раздвоение речевого образа наступает при $\Delta T_{\text{раздв}\cdot 1} = 7 \div 8$ *мсек*

**Моменты раздвоения образа различного типа сигналов**

| Тип сигнала | Сигналы | $\Delta T_{\text{раздв}\cdot 1}$, *мсек* | $\Delta T_{\text{раздв}\cdot 2}$, *мсек* |
|---|---|---|---|
| I | Кастаньеты . . . . . . . . . | 4 | 30 |
| | Ксилофон . . . . . . . . . . | 5 | 50 |
| | Барабан (малый) . . . . . . . | 5 | 50 |
| | Барабан (большой) . . . . . | 6 | 50 |
| | Коробочка . . . . . . . . . . | 6 | 40 |
| | Бубен . . . . . . . . . . . . | 6 | 40 |
| II | Речь женская . . . . . . . | 7 | 50 |
| | Речь мужская . . . . . . . . | 8 | 50 |
| III | Скрипка . . . . . . . . . . . | 9—12 | 100 |
| | Альт . . . . . . . . . . . . | 9—12 | 100 |
| | Рояль . . . . . . . . . . . . | 10—12 | 100 |
| | Кларнет . . . . . . . . . . . | 16—20 | 100 |
| | Виолончель . . . . . . . . . | 21—30 | 100 |

и при $\Delta T_{\text{раздв}\cdot 2} = 50 \div 55$ *мсек;* восприятие раздвоения образа музыкальных сигналов (струнных и духовых инструментов) наступает при $\Delta T_{\text{раздв}\cdot 1} = 10 \div 30$ *мсек* и при $\Delta T_{\text{раздв}\cdot 2}$ более 100 *мсек*. Различие количественных значений ($\Delta T_{\text{раздв}\cdot 1}$ и $\Delta T_{\text{раздв}\cdot 2}$) указанных типов сигналов, вероятно, обусловлено их различными физическими характеристиками.

Таким образом, из всего сказанного вытекают следующие выводы.

1. Влияние временно́й разности прихода звука на слуховые восприятия стереофонического сигнала характеризуется такими параметрами, как подавление, смещение, возвращение и раздвоение звукового образа.

2. Интервал временны́х сдвигов, в пределах которого возникает восприятие возвращения образа, для различных сигналов различен. Эффект возвращения сменяется эффектом раздвоения

в интервале временных сдвигов от 5 до 30 и от 30 до 100 *мсек.*

3. Параметр «локализации звука» теперь следует психологически понимать не только как определение направления прихода звука, но и как восприятие смещения, возвращения и раздвоения звукового образа.

4. Сопоставление электрофизиологических данных с психофизическими данными дало возможность установить количественные величины механизма слияния и подавления звукового образа.

---

*В. П. Дворщенко, Г. А. Загорельский, С. Н. Сафарян*

## О НАБОРЕ ИНФОРМАЦИИ НА УСТРОЙСТВАХ ТИПА «ГЕЗОТАЙП»

Для набора дискретной информации одной рукой из большого алфавита сообщений при небольших размерах рабочего поля клавиатуры существующие способы и соответствующие им устройства набора информации малоприменимы. Поэтому в течение ряда лет в Лаборатории инженерной психологии Ленинградского университета ведутся работы с целью нахождения более оптимальных способов набора информации. Уже разработаны и функционируют устройства, в которых воплощены новые идеи и принципы набора информации, в том числе и предложенное одним из авторов данной статьи устройство «Гезотайп-4».[1] Следует отметить принципиальное отличие способа набора информации на устройстве «Гезотайп-4» от способов набора информации на существующих клавиатурах (пишущих машинках, телетайпах, письмосортировочных машинах и др.), где набираемый знак определяется лишь нажатием на соответствующую ему клавишу или группу клавиш.

При наборе информации на устройстве «Гезотайп» набираемый знак определяется не только нажатием на клавиши, но и взаимным расположением пальцев рук на рабочем поле устройства, т. е. смещением кончиков пальцев относительно друг друга на некоторое расстояние. Степень такого смещения характеризуется интервалами, в пределах которых заданное смещение однозначно соответствует элементу кодовой комбинации. Таким образом, кодовые комбинации пальцев, с помощью которых может производиться набор информации на устройстве типа «Гезотайп», представляют собой сочетание самих пальцев

---

[1] Г. А. Загорельский. Гезотайп. В сб. НТИ. Изд. ВИНИТИ, 1969, сер. 1, № 7; Г. А. Загорельский. «Гезотайп-4» — устройство набора дискретной информации. Наст. сб., стр. 134.

и интервалов между их парами. Число кодовых комбинаций пальцев, достаточное для набора алфавитов требуемой длины, определяется числом самих пальцев, числом интервалов между парами пальцев и числом этих пар. Для реализации интервалов, речь о которых будет идти ниже, мы выбрали две пары пальцев: указательный — средний (У—С) и средний — безы-

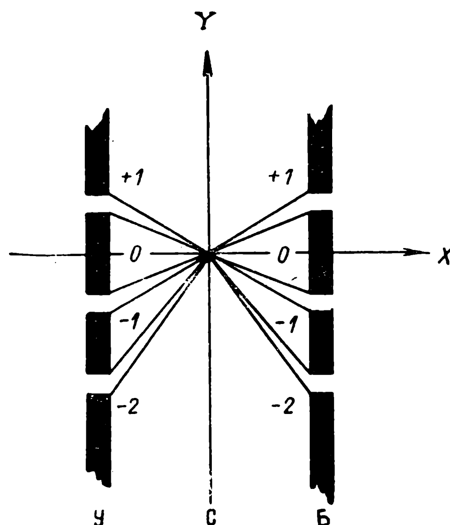



Рис. 1. Интервалы и их величины относительного среднего пальца.

мянный (С—Б), как наиболее подвижные и достаточные по длине.

Естественное, не требующее психической регуляции, взаимное расположение полусогнутых расслабленных пальцев, лежащих на плоскости (клавиатуре), можно условно назвать «нулевым» интервалом. Из двух выбранных пар пальцев общий средний палец можно принять за точку отсчета, относительно которой кончик указательного и безымянного пальцев могут располагаться выше или ниже (по оси ординат на плоскости клавиатуры). Положение указательного или безымянного пальцев выше среднего можно назвать, по отношению к нулевому интервалу, «положительным» интервалом, ниже — «отрицательным». Последние в свою очередь могут быть разделены на меньшие интервалы. В наших экспериментах использовались четыре интервала, условно обозначенные +1; 0; —1 и —2, а их величины (на рис. 1 затушеваны) получены в результате предварительных экспериментов.

Исходя из числа подлежащих набору знаков в качестве переменного элемента кодовых комбинаций выбран большой палец, а конкретные комбинации выбирались по степени их эффективности, выявленной также экспериментальным путем.

*а*

| | | | |
|---|---|---|---|
| О | Й | Х | Щ |
| Е | Э | Ж | Ш |
| А | Я | В | Ф |
| У | Ю | П | Б |
| И | Ы | К | Г |
| Л | Р | Ь | Ъ |
| Т | Д | Ч | Н |
| С | З | Ц | М |

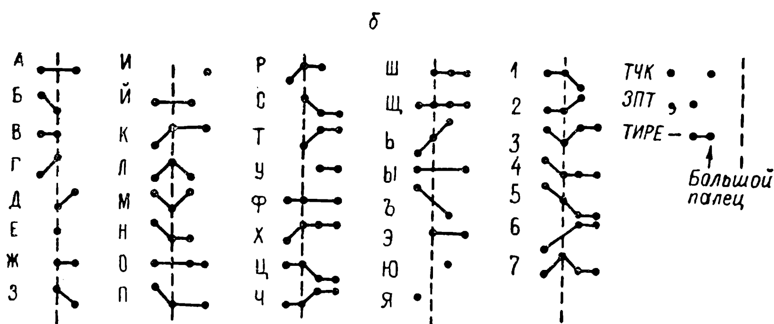



Рис. 2. Таблица кода.

*а* — для 32 знаков (с четырьмя интервалами);
*б* — для 120 знаков (с тремя интервалами).

Для выявления возможностей набора информации с помощью комбинаций пальцев на устройстве типа «Гезотайп» было проведено три серии экспериментов. В каждой из серий менялись длина алфавита знаков, подлежащих набору испытуемыми. Набор осуществлялся из 24, 32 и 120 сообщений. Во всех экспериментах знаки набирались только правой рукой.

### Методика исследования

Набираемой информацией служили буквы русского языка, цифры и пунктуационные знаки. Каждому знаку однозначно в каждой серии соответствовала кодовая комбинация пальцев. Кодовые комбинации в виде пиктограмм изображены на рис. 2.

Перед началом экспериментов испытуемые заучивали кодовые таблицы и тренировались в наборе конкретного алфавита непосредственно на устройстве. Критерием заучивания являлось безошибочное воспроизведение испытуемым знаков соответствующими комбинациями пальцев на клавиатуре «Гезотайпа» без обратной связи и зрительного контроля набирающей руки.

В опытах по набору 24 знаков испытуемому предлагалось смотреть на таблицу подлежащих набору знаков (знаки в таблице расположены равновероятно в случайном порядке), называть вслух и как можно точнее набирать их.

В I серии экспериментов испытуемые осуществляли набор информации из алфавита 24 знаков: таблица кода приведена на рис. 2, *а*.

В эксперименте принимали участие 8 человек в возрасте от 20 до 35 лет. Было проведено 10 тренировок по 1 часу. После каждой тренировки регистрировались скорость и точность набора знаков. Затем был проведен дополнительный опыт по набору тех же 24 знаков в кожаных меховых перчатках. В связи с этим расстояние между клавишами было увеличено до величины, соответствующей ширине пальцев с надетой на руку перчаткой. Испытуемым предлагалось набрать 600 знаков в перчатках и без них. Знаки, набранные испытуемыми, в этой серии опытов высвечивались на индикаторе.

Во II серии экспериментов испытуемые осуществляли набор из алфавита 32 знаков с различными кодами. Таблица первого кода приведена на рис. 2, *а*, таблица второго — на рис. 1.[1]

Набираемой информацией служил смысловой текст. В эксперименте по набору первым кодом — серия IIА — набор информации осуществлялся на клавиатуре «Гезотайпа». Через 10 часов тренировки набор продолжался на поверхности, имитирующей данную клавиатуру. Регистрация осуществлялась экспериментатором визуально. Кроме того, была проведена серия IIБ по набору знаков вторым кодом, в которой было проведено 5 опы-

[1] См. рис. 1 на стр. 135 наст. сборника.

тов продолжительностью по 4 часа в режиме, удобном для испытуемых. Задачей испытуемых в данной серии в отличие от остальных являлось печатание смыслового текста. Печатание производилось с помощью электроуправляемой пишущей машины «Консул-254».

В III серии экспериментов испытуемые осуществляли набор из алфавита 120 сообщений; таблица кода приведена на рис. 2*б*. За основу алфавита были приняты 32 буквы русского языка и 7 арабских цифр, составляющие в сумме 39 знаков. Для увеличения числа знаков до 120 клавиатура «Гезотайпа» была дополнена двумя клавишами для большого пальца. Еще три комбинации образуются нажатием большого пальца на соответствующие ему клавиши (по нажатию на каждую отдельно и на обе вместе). Различие же между самими знаками при соответствующем им различии комбинаций заключалось в том, что указанные 39 знаков предъявлялись испытуемым в трех цветах; комбинациям, образованным сочетаниями нажатий клавиш большого пальца, соответствовали три пунктуационные знака. В этой серии опытов набираемые знаки регистрировались экспериментатором визуально с индикатора. В эксперименте принимали участие те же испытуемые, что и во II серии. Каждый испытуемый тренировался по 16 часов. Через каждые 2 часа тренировки снимались контрольные замеры по точности набора знаков и через каждые 4 часа — по скорости. По каждому знаку получено по 160 замеров.

## Результаты опытов

Однам из важных факторов, характеризующих оптимальность системы «человек—машина», является степень обучаемости операторов этих систем быстрому и надежному приему и передаче информации. Этот фактор неоднозначен по важности для любых систем. В системах, где обстоятельства требуют быстрого освоения человеком способа связи с машиной, фактор быстрой обучаемости набору (передаче) информации приобретает особое значение.

Результаты всех серий экспериментов, изображенные на графиках (рис. 3, 4, 5, 6), свидетельствуют о быстрой тренируемости испытуемых в процессе набора дискретной информации на устройстве «Гезотайп». Независимо от длины алфавита подлежащей набору информации во всех экспериментах наблюдается общая тенденция быстрого возрастания скорости набора и уменьшения количества ошибок. Так, в I серии экспериментов, где информация набиралась алфавитом из 24 знаков, испытуемые за 10 часов тренировки увеличили скорость набора в 2,5 раза (с 20 до 49 *зн/мин*) при одновременном уменьшении числа ошибок с 15 до 3% (рис. 3).

Во второй серии экспериментов в идентичных условиях при

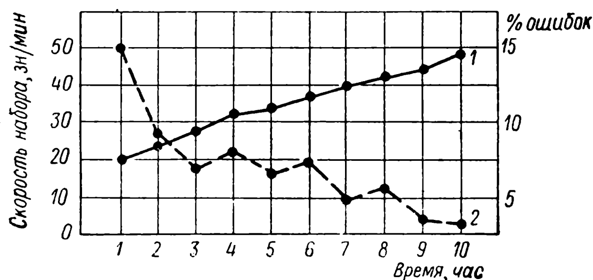



Рис. 3. Зависимость скорости и точности набора 24 знаков от времени тренировки.

1 — скорость, 2 — ошибки.

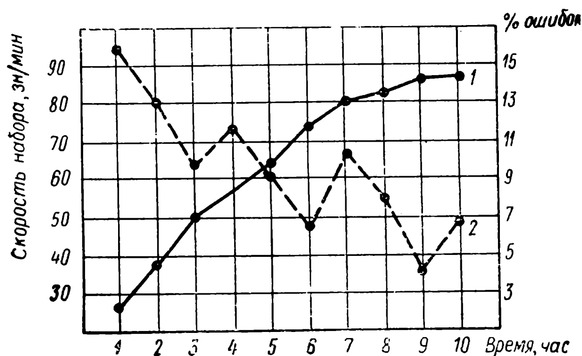



Рис. 4. Зависимость скорости и точности набора 32 знаков (с четырьмя интервалами) от времени тренировки.

Обозначения те же, что на рис. 3.

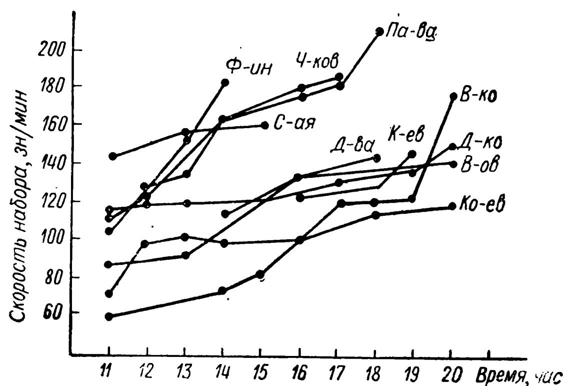



Рис. 5. Зависимость скорости набора 32 знаков (с четырьмя интервалами) отдельными испытуемыми от времени тренировки.

наборе смыслового текста алфавитом 32 знаков была достигнута скорость набора в среднем 86 *зн/мин* с некоторым увеличением числа ошибок (рис. 4). Очевидно осмысленность текста позволяет испытуемым представлять динамику смены комбинаций на несколько знаков вперед, и поэтому произвольная регуляция движения пальцев руки осуществляется быстрее. Кроме того, осмысленный текст разгружает внимание испытуемого, направленное на восприятие случайных знаков бессмысленного текста.

Таким образом, осмысленность подлежащего набору буквенного материала способствует процессу обучения. Относительно

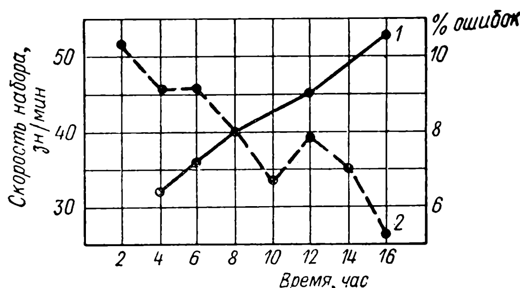



Рис. 6. Зависимость скорости и точности набора 120 знаков от времени тренировки.

Обозначения те же, что на рис. 3.

большее число ошибок, очевидно, связано с большим количеством интервалов, т. е. введением дополнительного «отрицательного» интервала — 2.

Продолжение эксперимента по набору знаков на поверхности, имитирующей клавиатуру «Гезотайпа», показало, что некоторые испытуемые (Ф-ин, Ч-ов, Па-ва) за время не более 20 часов тренировки достигли скорости 180—200 *зн/мин* одной рукой (рис. 5). Большинству других испытуемых также свойственна тенденция к достижению данного результата. В серии IIБ с использованием 32-значного кода с тремя интервалами испытуемые имели возможность набирать смысловой текст с одновременным выводом его на печатающее устройство. Последнее позволяло определить уровень производительности при длительной непрерывной работе. Здесь также было отмечено значительное возрастание объема отпечатанного текста. Средние данные 5 испытуемых по результатам 4-часовых опытов показали увеличение производительности более чем на 50% (с 9 до 14 тысяч знаков). Следует также отметить, что несмотря на непродолжи-

тельный опыт работы на «Гезотайпе» в отдельных случаях испытуемые показали высокие результаты: испытуемый Р-в отпечатал 15210 знаков с 0,4% ошибок.

Сравнивая полученные нами данные с данными Конрада,[3] в экспериментах которого скорость 60 *зн/мин* была достигнута на обычной пишущей машине за 66 часов обучения, можно сказать, что набор знаков на устройстве «Гезотайп» не уступает по скорости и точности набору как на обычной пишущей машинке, так и на устройствах с аккордными клавиатурами.

О потенциальных возможностях набора информации на устройстве типа «Гезотайп» свидетельствуют также и другие данные, полученные по отдельным испытуемым.

Так, испытуемый Р-в осуществил набор смыслового текста в 90 знаков со скоростью 159 *зн/мин*. О достижимой точности набора можно судить по результатам испытуемой Р-вой, которая в продолжение третьего часа третьего опыта сумела отпечатать 3060 знаков без ошибок.

Последняя серия экспериментов, в которой осуществлялся набор информации алфавитом в 120 знаков, представляет особый интерес, так как в некоторых современных системах управления оператору приходится иметь дело с алфавитами длиною до 100 и более знаков.

Средние данные о точности и скорости набора по 10 испытуемым приведены на рис. 6. В течение 16 часов тренировки скорость набора увеличивается в 2 раза, а количество ошибок во столько же раз уменьшается. По сравнению с результатами предыдущих экспериментов скорость набора в этой серии относительно меньше, однако динамика процесса обучения испытуемых позволяет предположить, что при длительной тренировке скорость набора информации алфавитом данной длины может быть значительно выше достигнутой.

## Выводы

1. Результаты экспериментов показывают, что способ набора информации с помощью комбинаций пальцев с полным правом может быть использован наряду с существующими способами, особенно в условиях занятости одной руки оператора другими функциями.

2. Набор информации из алфавита 120 знаков при отсутствии зрительного контроля за движением пальцев и работе только одной руки свидетельствует о возможности его использования для набора еще больших алфавитов сообщений с сохранением относительно небольших размеров рабочего поля.

---

[3] R. Conrad, D. J. A. Longman. Standard Typewriter versus Chord Keyboard and Experimental Comparison. «Ergonomics», 1965, vol. 8, No 1.

3. Приведенные результаты экспериментов по набору информации на «Гезотайпе» не исчерпывают возможностей данного способа, поскольку информация может набираться не только одной рукой, но и обеими при наличии второго устройства. Скорость набора при этом еще больше увеличится.

---

*Г. А. Загорельский*

## «ГЕЗОТАЙП-4»— УСТРОЙСТВО НАБОРА ДИСКРЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

В статье описывается одно из устройств для набора дискретной информации с помощью предложенного нами и исследуемого в Лаборатории инженерной психологии Ленинградского университета с 1968 г. способа, когда набираемый знак определяется не только нажатием на соответствующие клавиши, как в обычных устройствах набора, но и взаимным расположением пальцев на рабочей поверхности устройства. В отличие от разработанного нами ранее устройства «Гезотайп-1»[1] в устройстве «Гезотайп-4» не используются сложные в изготовлении индукционные датчики, оно менее подвержено ложным срабатываниям при работе в условиях тряски, так как не имеет большого количества движущихся элементов. (Попытка использования датчиков, срабатывающих от наводимого напряжения при прикосновении к ним пальцев, не привела к успеху из-за трудности регулирования порога срабатывания и ложных срабатываний при резком изменении полей в окружающей среде.)

В описываемом устройстве набор каждого знака осуществляется кодом комбинаций пальцев по рис. 1. Устройство «Гезотайп-4» показано на рис. 2. Устройство состоит из клавиш *1* на оси *2* для указательного, среднего, безымянного пальцев и мизинца (рис. 3). Под каждой клавишей имеется датчик 3, срабатывающих при нажатии на клавишу. В первых трех клавишах имеется щель *4* шириной 4 и длиной 60 *мм*, под которой расположены в ряд 15 фотодиодов *5*, освещаемых источником света *6*.

При нажатии на клавиши пальцами часть фотодиодов закрывается от источника света, и с них не поступает сигнал на усилители и блок выделения максимума среднего ряда. Сигналы с блока выделения максимума второго ряда по каналу, соответствующему последнему закрытому фотодиоду, и с усилителей

---

[1] См.: Г. А. Загорельский. Гезотайп. Сб. НТИ, ВИНИТИ, № 7, сер. 1. М., 1969.

| | | | |
|---|---|---|---|
| О | У −12 8 −8 −12 Б +12 +8 −8 −12 | Х | Щ |
| Е | Э | Ж | Ш |
| А | Я | В | Ф |
| У б | Ю у б м | П у м | Б с м |
| И | Ы б м | К | Г |
| Л | Р | Ь | Й |
| Т | Д | Ч | Н |
| С м | З м | Ц | М |

Рис. 1. Соответствие между знаками и расположением пальцев.

для ряда фотодиодов указательного и безымянного пальцев поступают на соответствующие блоки разности. С каждого из двух блоков разности получаем по двум каналам сигналы 0 или 1, набор которых соответствует определенной разности между координатами среднего и соседних пальцев по оси У. Эти сигналы вместе с сигналами от микротумблеров клавиш после блока временной памяти поступают на дешифратор и индикатор, где высвечивается знак, соответствующий расположению пальцев на клавишах.

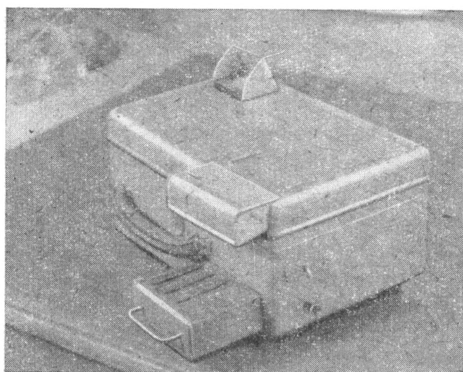


Рис. 2. «Гезотайп-4».

Принципиальная схема устройства «Гезотайп-4» показана на рис. 4. Работа схемы происходит следующим образом. При нажатии на клавиши срабатывают контакты микротумблеров $К_у$, $К_с$, $К_б$ и $К_м$, через которые включаются и блокируются собственными контактами реле $Р_{18}$, $Р_{19}$, $Р_{20}$, $Р_{23}$. Каждый из фотодиодов $Д_1$—$Д_{45}$ нагружен соответственно на базу транзистора $Т_1$—$Т_{45}$. Для нормальной работы фотодиодов напряжение на них подается через делитель из сопротивлений $R_{100}$ $R_{101}$. Транзисторы $Т_{16}$—$Т_{30}$ нагружены реле $Р_1$—$Р_{15}$, которые срабатывают, когда соответствующие фотодиоды освещены. В таком состоянии контакты реле и изображены на схеме. При нажатии пальцем на клавишу часть фотодиодов затемняется, и соответ-

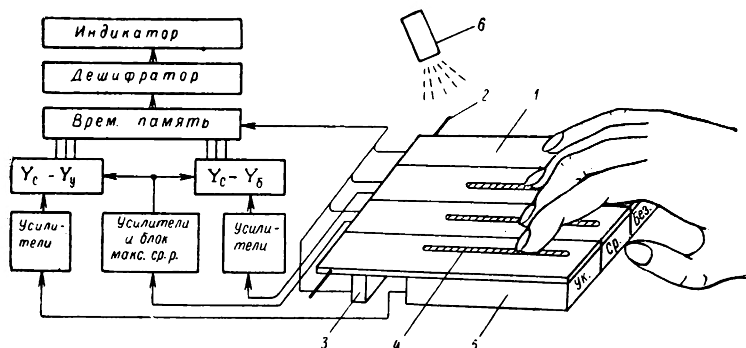



Рис. 3. Функциональная схема «Гезотайпа-4».

Усилители для фотодиодов указат. $R_1-R_{15}$, $R_{46}-R_{72}$, $T_1-T_{15}$
пальца и блок разности $У_С-У_У$ $Д_1-Д_{15}$, $Д_{46}-Д_{99}$

Рис. 4. Принципиальная схема «Гезотайпа-4».

ствующие реле $P_1$—$P_{15}$ обесточиваются, в результате чего через контакты последнего обесточенного реле и контакты последующих сработавших реле подается напряжение — 24 *в* на схемы разности.

Например, если фотодиод $Д_{17}$ закрыт, то реле $P_2$ обесточено и напряжение — 24 *в* подано в блок памяти на базы триодов $T_{48}$ и $T_{49}$, нагруженных самоблокирующимися реле $P_{21}$ и $P_{22}$, через цепочки $R_{75}$ $Д_{105}$ $R_{104}$ и $R_{76}$ $Д_{107}$ $R_{105}$. Реле $P_{21}$ и $P_{22}$ срабатывают тогда, когда, во-первых, точки после сопротивлений $R_{75}$ и $R_{76}$ не заземлены через цепочки $Д_{104}$ $T_{31}$ и $Д_{106}$ $T_{35}$ в случае затемнения фотодиодов $Д_{31}$ и $Д_{35}$, что зависит от положения безымянного пальца на клавише; во-вторых, когда нажата средняя клавиша и базы триодов не заземлены через диоды $Д_{156}$ и $Д_{157}$ и контакты *1* и *2* микротумблера $К_с$; в-третьих, когда эмиттеры триодов $T_{48}$ и $T_{49}$ соединены с плюсом питания через контакты *1* и *3* микротумблера $К_6$. Подобным образом работает схема определения разности координат среднего и безымянного пальцев, когда последним закрытым в среднем ряду фотодиодом является другой. Блок разности между координатами указательного и среднего пальцев имеет такую же схему. При данной схеме коммутации сопротивлений $R_{46}$—$R_{99}$ и диодов $Д_{46}$—$Д_{153}$ нулевой интервал среднего пальца относительно соседних будет при разности координат среднего и соседних пальцев по оси У в пределах от +8 до —8 *мм*, интервал +1 при разности координат указательный — средний и безымянный — средний больше 12 *мм* интервал — 1 при разности этих координат меньше — 12 *мм*.

С помощью контактов блока памяти можно управлять индикатором, электроуправляемыми пишущими машинами и другими исполнительными механизмами.

Для осуществления сброса служит схема сброса $С_6$ на основе ждущего мультивибратора, которая запускается после отпускания всех клавиш и через заданный промежуток времени, определяемый величиной емкости мультивибратора, производит кратковременный разрыв цепи питания блока памяти, в результате чего реле $P_{16}$—$P_{23}$ обесточиваются. Диоды $Д_{158}$—$Д_{165}$ служат для развязки цепей запуска мультивибратора и блокировки реле. В качестве источника света использована осветительная лампа на напряжение 220 *в* мощностью 25 *вт*, укрепленная на высоте 100 *мм* над клавишами.

*В. П. Дворщенко*

## ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ПЕРЕДАЧИ ДИСКРЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Оперативная взаимосвязь человека с машиной на настоящем этапе развития техники составляет одну из актуальных проблем. Связующим звеном между человеком и машиной являются в основном клавишные устройства подготовки и ввода информации — телетайпы, пишущие, цифровые счетные, письмосортировочные, перфорационные машины. Способы передачи информации от человека к машине определяются конструкциями клавишных устройств, в которых для передачи (набора, ввода) каждого сообщения (знака, команды) нажимают пальцами рук на соответствующие ему клавишу или группу клавиш (при работе на устройствах с использованием принципа сочетания клавиш).

Таким образом, из сложного комплекса движений рук и пальцев оператора при передаче информации данными способами производительно используются лишь движения пальцев (нажатие на клавиши); пространственные перемещения рук и пальцев выполняют при этом только транспортную функцию— перенос пальцев с клавиши на клавишу и обязательный отрыв пальцев после каждого нажатия. С другой стороны все более увеличивающийся объем подлежащей переработке информации требует больших алфавитов сообщений (знаков, команд), что влечет за собой либо увеличение поля клавиатур, либо усложнение сообщений, т. е. использование в качестве одного сообщения нескольких исходных, либо специализацию устройств и, следовательно, операторов. Отсюда становится очевидным, что развитие производства требует изыскания новых способов передачи информации человеком, а также соответствующих этим способам устройств.

Одним из возможных решений данной проблемы является использование наряду с движениями пальцев пространственных перемещений руки человека. С точки зрения механики, рука человека представляет собой пространственный многозвенный шарнирный механизм, приводимый в движение различного рода тягами (мышцами), управляемыми импульсами задающего устройства (мозга). Приняв ряд допущений и исключив из рассмотрения движения пальцев, можно рассматривать руку как пространственный механизм, число степеней свободы которого равно 12.

Используя для передачи информации только наличие движений и их отсутствие, т. е. дискретные движения (с точки зрения психофизиологии наиболее простые и, следовательно, надежные), можно передавать при $m$ степеней свободы руки и $n$ пальцах $2^{n+m}-1$ сообщений. Таким образом возможна реализация больших алфавитов, сообщений.

Кроме того, можно добиться увеличения скорости передачи информации, т. е. увеличения пропускной способности человека. При обычном письме неподвижные относительно пишущего снаряда пальцы совершают движения в трех степенях свободы. К примеру при написании буквы «в» кисть руки совершает сложные движения вправо-вверх, влево-вниз, вправо-вверх и влево. Если бы при этом пальцы одновременно манипулировали клавишами, установленными на пишущем снаряде, можно было бы

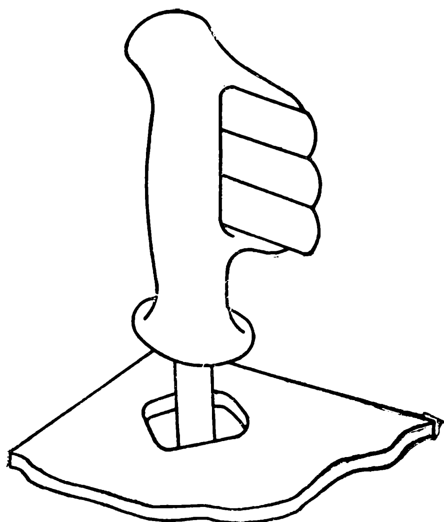


Рис. 1. Клавиатура устройства.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Положение клавиш | □ | ■ | □ | □ | ■ | □ | ■ | ■ |
| | □ | □ | ■ | □ | ■ | ■ | □ | ■ |
| | □ | □ | □ | ■ | □ | ■ | ■ | ■ |
| От себя | | С | Ы | Ж | Ш | Ц | Э | Ф |
| Влево | О | Е | А | И | У | Ь | Й | Щ |
| Вправо | Н | Р | В | Л | К | П | З | Ч |
| К себе | Т | М | Д | Я | Б | Г | Х | Ю |

Рис. 2. Таблица кода.

передать сразу несколько букв вместо одной. Скорость обычного письма составляет 180—200 знаков в минуту. Если за каждое движение при написании отдельных букв сделать в среднем хотя бы еще по одному движению пальцами, то скорость передачи будет составлять 360—400 *зн/мин*. Исходя из вышеизложенного предположения, в Лаборатории инженерной психологии факультета психологии изготовлено устройство передачи информации предлагаемым способом. В качестве сообщений выбраны буквы русского алфавита, а для их регистрации выход устройства соединен с входом электроуправляемой пишущей машины «Консул-254». Клавиатура устройства выполнена в виде рукоятки с тремя клавишами, которая закреплена на рычаге и перемещается по направляющим в двух координатах (рис. 1). Таблица кода приведена на рис. 2. Для передачи, например, буквы «А» необходимо нажать на среднюю клавишу и переместить ручку (клавиатуру) влево.

Проведенные предварительные эксперименты свидетельствуют о преимуществах данного способа передачи информации в части удобства работы, времени обучения операторов и скорости передачи. Кроме того, и обучение, и работа на устройстве не требуют зрительного контроля за движениями руки. Само же устройство просто по конструкции и малогабаритно.

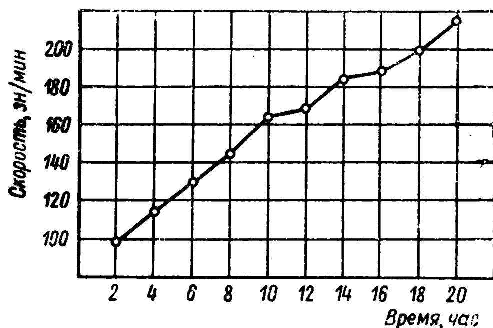


Рис. 3. Зависимость скорости передачи информации от времени тренировки.

Время обучения работе на данном устройстве составляет 50—70 *мин*. Зависимость скорости передачи (в данном случае скорости печатания русского текста) от времени тренировки графически изображена на рис. 3. Тенденция роста скорости передачи свидетельствует о том, что навык окончательно еще не выработан и есть основание предполагать в ходе дальнейшей тренировки увеличение скорости.

---

*В. И. Бутов*

## СПОСОБ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭФФЕКТА ПОСЛЕСВЕЧЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИЗУАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ В УСТРОЙСТВАХ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

При физическом моделировании отдельных блоков систем контроля и управления в большинстве случаев необходимое и достаточное приближение к реальной ситуации неразрывно связано с требованием сохранения классификационных признаков предъявляемых сигналов и с максимальным воспроизведением характера имитируемых параметров, подобных соответствующим параметрам реальной системы. Так, например, в случае приема оператором информации с индикаторов на электронно-лучевых трубках с длительным послесвечением необходимо учитывать, что скорость и точность чтения показаний зависят от величины и формы импульса, длительности его свечения, частоты повторений, скорости развертки и фокусировки луча, яркости и контраста отметок по отношению к фону и т. д. При лабораторном физическом моделировании подобных индикаторов встречается ряд трудностей, особенно в случае создания макетов с экраном большого диаметра.

Способы имитации послесвечения могут быть самые различные, как например:

1. Создание экспериментальной аппаратуры непосредственно на электронно-лучевой трубке с длительным послесвечением. Подобный макет в наибольшей степени приближает экспериментатора к реальной картине, но реализация его связана с большими трудностями, которые в значительной степени возрастают при необходимости иметь большой экран (диаметром более 35÷40 *см*).

2. Проекционный способ, когда знаковая ситуация предъявляется с помощью проектора на экране (на просвет). Имитация послесвечения обеспечивается вращением диска переменной плотности (от светлого к темному), который расположен с внутренней стороны экрана на пути светового потока, в непосредственной близости от экрана. Один оборот диска соответствует одному циклу развертки. При этом яркость свечения каждого элемента изображения на экране будет изменяться со скоростью вращения диска от определенного максимума до минимума. Наряду с простотой реализации такого способа очевидны и его недостатки.

Предлагаемый нами способ формирования некоторых визуальных сигналов, обладающих эффектом послесвечения, отличается простотой реализации при одновременной возможности моделирования ситуации, близкой к реальной. Основная сущность метода состоит в следующем. Экран изготовляется из прозрачного материала, например, из оргстекла, на который наносится равномерный слой люминофора (в нашем случае использован люминофор типа Л-20). С внутренней стороны, в непосредственной близости от экрана перемещается по определенной программе точечный осветитель. Длительность послесвечения полученного изображения определяется типом люминофора, интенсивностью осветителя, скоростью перемещения осветителя вдоль экрана, внешним освещением экрана, толщиной люминофорного покрытия и т. д.

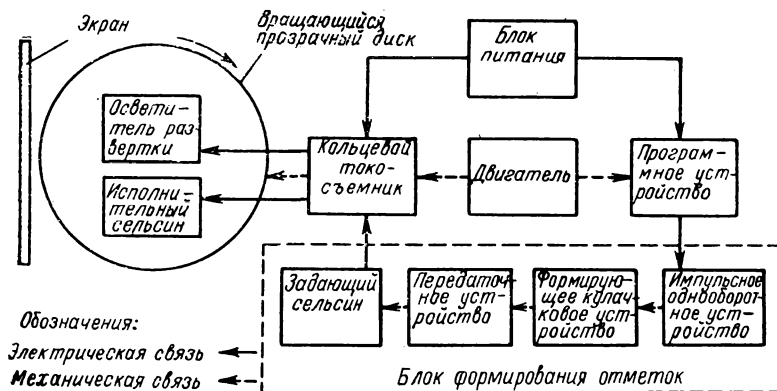
Используя данный принцип, достаточно просто обеспечить имитацию работы отдельных электронно-лучевых индикаторов с длительным послесвечением, например такого, как индикатор кругового обзора (ИКО), который получил широкое распространение при создании гидроакустических средств обнаружения.[1] На экране ИКО отображаются все цели в радиусе действия гидроакустического устройства. При этом перед оператором часто возникает задача обнаружения вновь появившегося сигнала среди других подобных сигналов. С помощью ИКО, кроме обнаружения целей, обеспечивается и грубое определение на-

---

[1] В. Краснов. Локация с подводной лодки. ДОСААФ, 1968; А. Л. Простаков. Гидроакустика и корабль. Изд. «Судостроение», 1967; А. Л. Простаков. Гидроакустика в иностранных флотах. Изд. «Судостроение», 1964.

правления на них. Отметки целей представляют собой «всплески» синусоидальной формы на круговой развертке индикатора.

Рассмотрим конкретное применение предлагаемого метода на примере создания макета вышеупомянутого индикатора кругового обзора, блок-схема которого приведена на рисунке. Работой всей установки управляет программное устройство, обеспечивающее в начале опыта включение, а в конце — автомати-




Блок-схема макета индикатора кругового обзора.

ческое отключение основного двигателя установки, который осуществляет синхронное вращение прозрачного диска (диаметром 350 *мм*) с кольцевым токосъемником и протяжного механизма самого программного устройства. Один оборот осуществляется примерно за 26 *сек* (один цикл развертки). Последовательность сигналов, предъявляемых на экране за время каждого цикла развертки, определяется рядом отверстий (диаметром 2 *мм*) на обычной 35-миллиметровой кинопленке. Длительность программы может быть выбрана практически любой.

В нашем случае программа была рассчитана на 30 циклов развертки и склеена в кольцо. Прохождение программных отверстий между специальной контактной группой обеспечивает кратковременное замыкание ее контактов, что приводит к срабатыванию двигателя импульсного однооборотного устройства в блоке формирования отметок. После одного оборота этот двигатель останавливается до очередного замыкания контактной группы. На оси этого двигателя установлен кулачок, торец которого при вращении толкает подпружиненную зубчатую рейку. Эта рейка входит в зацепление с шестеренкой, насаженной на ось задающего (программного) сельсина. Таким образом, изменение угла поворота ротора задающего сельсина определяется

формой кулачка. В нашем случае форма и размеры кулачка подбирались так, чтобы форма отметки на экране была близка к полусинусоиде с амплитудой 30 *мм,* считая от линии круговой развертки, радиус которой выбран равным 110 *мм.*

Плоскость вращающегося диска параллельна плоскости экрана. На диске расположены исполнительный сельсин с осветителем развертки луча. Связь этих элементов с остальной схемой устройства осуществляется через кольцевой токосъемник. На оси исполнительного сельсина укреплен шкив, который связан двумя пассиками с приемным шкивом на краю диска. На пассиках установлен осветитель развертки (длина 13 *мм,* диаметр 13 *мм*), так что его отверстие (0,4÷0,5 *мм*) для засветки люминофора экрана при вращении ведущего шкива перемещается по радиусу диска вплотную с поверхностью экрана. Ось исполнительного сельсина поворачивается на тот же угол, что и ось задающего, поэтому закон движения осветителя развертки в конечном счете определяется также формой и размерами кулачка.

Суммарное движение луча по кругу и по радиусу вычерчивает на экране соответствующую отметку. Для возможности считывания угловых параметров отметок (в затемненном помещении) со шкал, последние выполнены из оргстекла с подсветкой его в торец.

Таким образом, данное устройство позволяет моделировать ситуацию, достаточно близкую к реальной. Имеется возможность регулировать длительность послесвечения в достаточно широких пределах (регулировка яркости осветителя или изменение внешней освещенности). С помощью регулировки внешней подсветки (в камере) можно установить необходимый контраст отметок по отношению к фону. В нашем случае освещенность в центре экрана выбиралась в пределах 3÷4 *лк.* Изменяя скорость основного двигателя, можно менять скорость развертки луча. Хорошая «фокусировка» луча обеспечена за счет перемещения отверстия осветителя в непосредственной близости от экрана. Это дало возможность использовать в качестве источника света осветителя достаточно миниатюрные лампочки накаливания, например СМ-36. Последовательность и частота повторения отметок задается программой, разрабатываемой с учетом реальных задач, стоящих перед оператором. Прозрачность вращающегося диска обеспечивает возможность засветки экрана световыми сигналами, которые могут имитировать помехи на индикаторе.

Простота реализации и широкие методические возможности рассмотренного устройства позволяют нам рекомендовать использованные здесь принципы при создании первичных тренажеров некоторых систем контроля и управления.

---

23/8 10

64 коп.